ЗА ПЕРЕДОВОЕ НОВОЕ ПРОГРЕССИВНОЕ

Н. Л. РУССКЕВИЧ

НОВЫЕ МЕТОДЫ ВЫЧЕРЧИВАНИЯ НАГЛЯДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ И ЦЕНТРАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЯХ

МАШГИЗ — 1953

19. мая 1954 г. Киев.

Н. Л. РУССКЕВИЧ

НОВЫЕ МЕТОДЫ ВЫЧЕРЧИВАНИЯ НАГЛЯДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ И ЦЕНТРАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЯХ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ И СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Москва 1953 Свердловск

В брошюре описываются новые методы построения и вычерчивания наглядных изображений в аксонометрических и центральных проекциях, приводятся конкретные примеры исполнения изображений при помощи сконструированных автором приборов — аксонографа и перспектографа.

Брошюра рассчитана на преподавателей и студентов втузов, а также конструкторов и чертежников машиностроительных заводов и других предприятий.

Рецензент инж. Т. А. Ногин

УРАЛО-СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА
Ведущий редактор *А. Г. Козлов*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Во всех отраслях народного хозяйства страны, как известно, применяются определенного вида чертежи, приемы выполнения которых изучают соответствующие разделы черчения (машиностроительный, инженерно-строительный, топографический или иллюстративный).

В настоящей брошюре рассматривается вопрос механизации проектно-графических работ, а именно механизированные способы изображения аксонометрических и центральных (перспективных) проекций. Первый способ, достаточно наглядный и простой, применяется преимущественно в машиностроительном черчении, в конструкторской работе и реже в инженерно-строительном черчении; второй способ наиболее наглядный — главным образом в инженерно-строительном и иногда в машиностроительном.

Разновидности аксонометрических проекций рекомендуются для наглядного изображения соответствующих изделий или их составных частей. В машиностроительном черчении применяются аксонометрические прямоугольные проекции (изометрическая проекция и диметрическая проекция) и аксонометрические косоугольные проекции (например, фронтальная диметрическая проекция).

Автор брошюры сконструировал оригинальные приборы — аксонограф и перспектограф, с помощью которых значительно облегчается изображение сложных аксонометрических и центральных проекций.

Дальнейшие опыты применения описываемых в брошюре приборов, очевидно, подтвердят мнение рецензента Т. А. Ногина, что «возникает необходимость передачи предлагаемых приборов в серийное производство».

Редакция

ВВЕДЕНИЕ

Создание крупнейших гидротехнических сооружений, гидроэлектростанций и оросительных систем, проведение полезащитных лесных полос и грандиозный размах строительных работ вызвали в нашей стране небывалый технический прогресс и потребовали от отечественного машиностроения создания сложнейших агрегатов, машин и механизмов.

Чертежи агрегатов, машин и механизмов, их узлов и деталей, вычерченные в прямоугольных проекциях, являются сложными графическими изображениями, не обладают достаточной наглядностью. Одной из задач науки теоретической и прикладной графики является создание методов, максимально сокращающих время, потребное для составления и чтения чертежа, упрощающих процесс составления и чтения чертежа, увеличивающих его наглядность и выразительность. Наглядные изображения облегчают и ускоряют чтение чертежа, составленного в прямоугольных проекциях. Особенно необходимы наглядные изображения в литейном деле при изготовлении моделей сложных деталей, в процессе сборки при монтаже мощных машин и агрегатов.

Наиболее наглядными являются изображения, выполненные по правилам перспективы и аксонометрии. Но из-за сложности, громоздкости и большой трудоемкости построений таких изображений последние вычерчиваются редко. В настоящей брошюре описываются новые графические методы и приборы для вычерчивания перспективы и аксонометрии. Применение новых графических методов, требующих простых и однотипных построений, дает значительную экономию рабочего времени по сравнению с существующими методами. Применение приборов для механического вычерчивания перспективы и аксонометрии сокращает затраты рабочего времени в 10—12 раз и позволяет использовать для этих целей труд исполнителей средней квалификации (чертежников, техников) вместо труда инженеров, маркшейдеров, архитекторов. Приведенные в тексте примеры

показывают, что эти методы и приборы применимы для вычерчивания наглядных изображений в машиностроении, горном деле, геологии, инженерно-строительном деле, архитектуре и т. п.

Применение новых методов и приборов в конструкторских бюро, проектных организациях и т. д. обеспечит широкое распространение наглядных изображений, что будет способствовать значительному сокращению сроков и расходов на составление проектов.

ПОСТРОЕНИЕ И ВЫЧЕРЧИВАНИЕ НАГЛЯДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В АКСОНОМЕТРИИ

Метод параметров аксонометрического проектирования

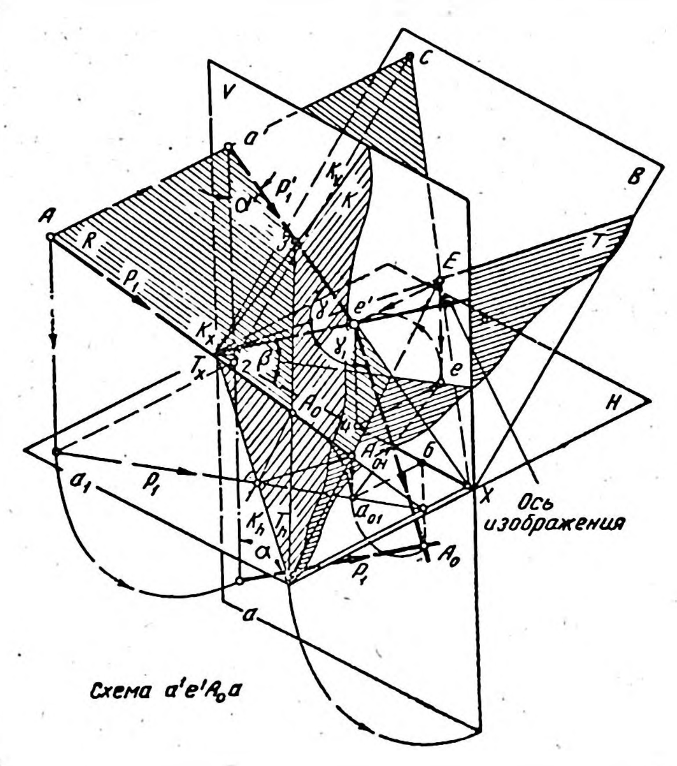
Аксонометрической проекцией (или аксонометрией) является параллельная проекция, полученная при проектировании предмета параллельно произвольно выбранному в пространстве направлению проектирования на произвольно расположенную картинную плоскость. Выбирая соответствующее относительное положение направления проектирования, картинной плоскости и предмета, можно получить наиболее наглядную аксонометрическую проекцию этого предмета.

При таком проектировании предмет изображается с искажением и линейных и угловых размеров, а поэтому построение и вычерчивание аксонометрических проекций является трудоемкой и сложной работой. Для упрощения и максимального сокращения построений в предлагаемом методе параметров аксонометрического проектирования все построения аксонометрической проекции производятся на основании использования проективной связи между прямоугольными и аксонометрическими проекциями одного и того же предмета.

Рассмотрим построение аксонометрии A_0 точки A (на фиг. 1), где изображены вертикальная V и горизонтальная H плоскости прямоугольных проекций, точка A пространства, вертикальная a' и горизонтальная a проекции этой точки, проектирующий луч P_1 и картинная плоскость K. Угол σ между лучом P_1 и плоскостью K равен 90° (прямоугольная аксонометрия).

Искомой аксонометрией A_0 является точка встречи с плоскостью K проектирующего луча P_1, проходящего через изображаемую точку A пространства. Для получения действительного положения аксонометрии A_0 необходимо пло-

скость K совместить с плоскостью H вращением вокруг горизонтального следа K_h (совмещенное положение a_{01}), а плоскость H совместить с плоскостью V вращением вокруг оси X (действительное положение A_0). Применив теорию вспомогательного проектирования проф. С. М. Колотова[1],



Фиг. 1. Построение аксонометрии точки и схемы аксонометрического проектирования.

заменим совмещение плоскости K с плоскостью H ортогональным на плоскость H проектированием косоугольной проекции A_{01} точки A на некоторую вспомогательную плоскость T, находящуюся между плоскостями K и H и проходящую через K_h (направление проектирования $A_{01}a_{01}$).

---

[1] А. Т. Чалый. Начертательная геометрия, Машгиз, М.—К., 1949.

Для выяснения геометрической сущности явлений, происходящих при введении плоскости T, применим биссекторную плоскость B II и IV квадрантов. Проектирующие лучи: Aa' и AA_{01} образуют вертикально проектирующую плоскость R, пересекающую плоскость T по прямой $A_{01}E$ и плоскость V — по прямой $a'e'$. Точка E одновременно принадлежит также и бессекторной плоскости B, так как лежит на линии пересечения ее с плоскостью T. Прямая $a'e'$ является вертикальной проекцией P_1' проектирующего луча P_1, проходящей через вертикальную проекцию a' точки A. Вертикальная проекция e' точки E лежит на этой прямой, так как точка E лежит в плоскости $R \perp V$; горизонтальная проекция e точки E лежит на горизонтальной проекции $a_{01}e$ прямой $A_{01}E$. Точка a_{01} пересечения прямой $a_{01}e$ с горизонтальной проекцией P_1 проектирующего луча P_1 и является совмещенной с плоскостью H аксонометрической проекцией A_0. Но так как точка E принадлежит биссекторной плоскости B, то расстояние $e'4 = e4$ и при совмещении плоскости H с плоскостью V точки e' и e сольются в одну двойную точку e', а прямая $a_{01}e$ займет положение $e'A_0$. При этом совмещении горизонтальная проекция a_1a_{01} проектирующего луча займет положение aA_0, а точка A_0 пересечения прямых $e'A_0$ и aA_0 и будет искомой аксонометрией точки A в совмещенном с плоскостью V положении.

Анализ построений (фиг. 1) приводит к заключениям.

1. Аксонометрической проекцией A_0 точки A является точка пересечения совмещенных с плоскостью V горизонтальных проекций: проектирующего луча aA_0 и вспомогательной прямой $e'A_0$ (т. е. линии $A_{01}E$ пересечения плоскостей R и T).

2. Вспомогательная прямая $e'A_0$ проходит через точку e' пересечения вертикальной проекции $a'e'$ с прямой $K_x e'$, являющейся совпавшими вертикальной и горизонтальной проекциями линии $K_x E$ пересечения вспомогательной плоскости T с биссекторной плоскостью B.

3. При построении аксонометрии точки по данным ортогональным проекциям ее все многочисленные и сложные построения заменяются проведением трех прямых: $a'e'$, $e'A_0$ и aA_0. Очевидно, что при построении аксонометрии любой точки пространства (при тех же условиях) линии построения будут параллельны уже полученным, а прямая $K_x e'$ не изменит своего положения.

4. Таким образом, прямые: aA_0, $a'e'$ и $e'A_0$ представляют собою схему аксонометрического проектирования, состоящую из трех элементов. В дальнейшем изложении элемент aA_0 обозначается цифрой *I*, элемент $a'e'$ цифрой *II* и элемент $e'A_0$ цифрой *III*. Постоянная прямая K_1e' является своего рода осью изображения (на фиг. 1 изображены жирными линиями).

5. Для построения аксонометрии некоторой точки *B* пространства необходимо: а) через ее вертикальную проекцию b' провести прямую, параллельную элементу *II* схемы (т. е. параллельную вертикальной проекции направления проектирования), до пересечения с осью изображения в точке e_1'; б) через точку e_1' провести вспомогательную прямую, параллельную элементу *III* схемы; в) через горизонтальную проекцию *b* точки *B* провести прямую, параллельную элементу *I* схемы (т. е. параллельную горизонтальной проекции направления проектирования), до пересечения со вспомогательной прямой в точке B_0, являющейся искомой аксонометрией точки *B*.

6. Углы α, α', γ, γ_1 и β между элементами схемы зависят от выбранных условий проектирования (угол σ, положение плоскости *K* и т. п.). Задавшись значениями этих углов, получим определенную аксонометрическую проекцию с определенными показателями искажения, углами между аксонометрическими осями и т. д.

Углы α, α', γ, γ_1 и β, определяющие собою метрические стороны аксонометрического изображения являются параметрами аксонометрического проектирования. Для построения схемы необходимо наличие четырех параметров: α, α', β и γ_1 или α, α', γ и γ_1.

7. Элементы *I* и *III* схемы параллельны соответственно аксонометрическим осям Z_0 и Y_0, так как аксонометрической осью Z_0 будет линия пересечения с плоскостью *K* проектирующей плоскости, параллельной плоскости $A_{01}Aa_1$ и проходящей через ось *Z* прямоугольных проекций и аксонометрической осью Y_0 — линия пересечения плоскости, параллельной плоскости *R* и проходящей через ось *Y*.

8. Построение аксонометрических изображений по методу параметров аксонометрического проектирования не связано с наличием плоскости картины *K*, аксонометрических осей и показателей искажения, что обеспечивает широкие возможности выбора направления рассматривания предмета (направления проектирования) для построения наиболее полного и наглядного изображения.

9. Все построения аксонометрии сводятся к проведению через прямоугольные проекции одноименных точек ряда прямых, параллельных соответствующим элементам схемы. Схему можно построить графически или пользуясь заранее вычисленными значениями параметров. Эти положения придают предлагаемому способу построения аксонометрии простоту, особую четкость и организованность, что значительно облегчает и ускоряет построения и позволяет широко применить чертежные машины для их выполнения.

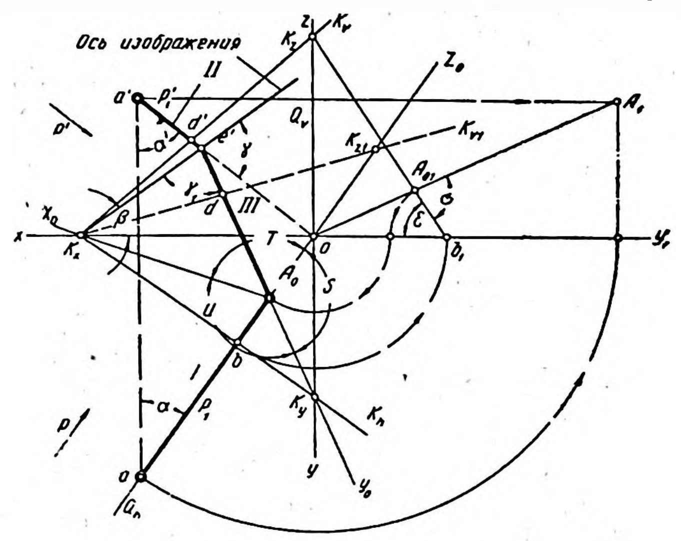
Построения, произведенные на фиг. 1, справедливы и для косоугольной аксонометрии ($\sigma \neq 0$).

В дальнейшем изложении для упрощения вывода формул рассматривается положение проектирующего луча P в горизонтально проектирующей плоскости Q, перпендикулярной к плоскости картины K. Такое обособление положения P не искажает геометрической сущности косоугольной аксонометрии, так как отвечает бесчисленному количеству случаев относительного положения плоскости K и плоскостей проекций H и V.

Построение схемы аксонометрического проектирования в прямоугольных проекциях. На фиг. 2 изображены оси X, Y и Z прямоугольных проекций, проекции p и p' направления проектирования, p_1 и p_1' — проектирующего луча, параллельного этому направлению и проходящего через точку O, проекции a и a' некоторой точки A пространства и следы K_h и K_v картинной плоскости K общего положения.

Точка A_0 пересечения луча P_1 с плоскостью K будет искомой аксонометрией точки A. Для построения точки A_0 через проектирующий луч P_1 проведем горизонтально проектирующую плоскость Q. Плоскость Q будет также перпендикулярна и к плоскости K, так как горизонтальный след K_h проведен перпендикулярно к p_1. Совместив плоскость Q при помощи вращения вокруг Q_v с плоскостью проекций V получим b_1K_z — совмещенное положение линии пересечения плоскостей Q и K, $A_{01}O$ — точки A и проектирующего луча P_1 и на пересечении этих линий — совмещенное положение A_{01} искомой аксонометрии. Отрезок $A_{01}b_1$ является истинной величиной расстояния точки A_0 от K . Для получения действительного положения аксонометрии A_0 достаточно этот отрезок отложить на p_1 от точки b, что будет соответствовать совмещенному с плоскостью проекций H положению плоскости K. Так как точка O находится на одном с точкой A проекти-

рующем луче P_1, то полученная точка A_0 в то же время будет и аксонометрической проекцией точки O. Соединив точки схода K_x, K_y и K_{z1} следов плоскости K с точкой O, получим аксонометрические оси X_0, Y_0, Z_0 и углы S, T и U между ними. На основании того, что элемент III схемы параллелен аксонометрической оси Y_0, принимаем продолжение этой оси за III элемент схемы. Элементами I и II схемы будут прямоугольные проекции p_1 и p_1' проектирующе-



Фиг. 2. Построение схемы и графическое определение параметров для плоскости K общего положения.

го луча. Соединив точку e' пересечения II и III элементов схемы с K_x, получим ось изображения. Таким образом, фигура $aA_0e'a'$ и прямая K_xe являются схемой аксонометрического проектирования, соответствующей данному положению плоскостей прямоугольных проекций, картинной плоскости и направлению проектирования.

Параметрами аксонометрического проектирования для данной схемы являются углы:

α —	угол	между	прямыми	p_1 и OY
α' —	»	»	»	p_1 и OZ
β —	»	»	»	K_xe' и OX
γ_1 —	»	»	»	K_xe' и Y_0

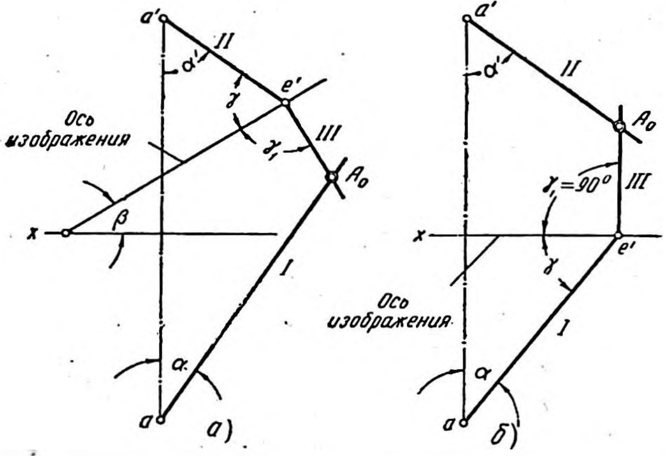
Величина показателей искажения линейных размеров, параллельных осям прямоугольных проекций, также может быть определена на основании произведенных построений, как отношение длин соответствующих отрезков.

Показатель искажения по оси X_0: $\frac{1}{s} = \frac{A_0 K_x}{OK_x}$

« « « Y_0: $\frac{1}{t} = \frac{A_0 K_y}{OK_y}$

« « « Z_0: $\frac{1}{u} = \frac{A_0 K_{z1}}{OK_{z1}}$.

Для двух других случаев положения картинной плоскости K построения выполняются аналогично.



Фиг. 3. Схема аксонометрического проектирования:

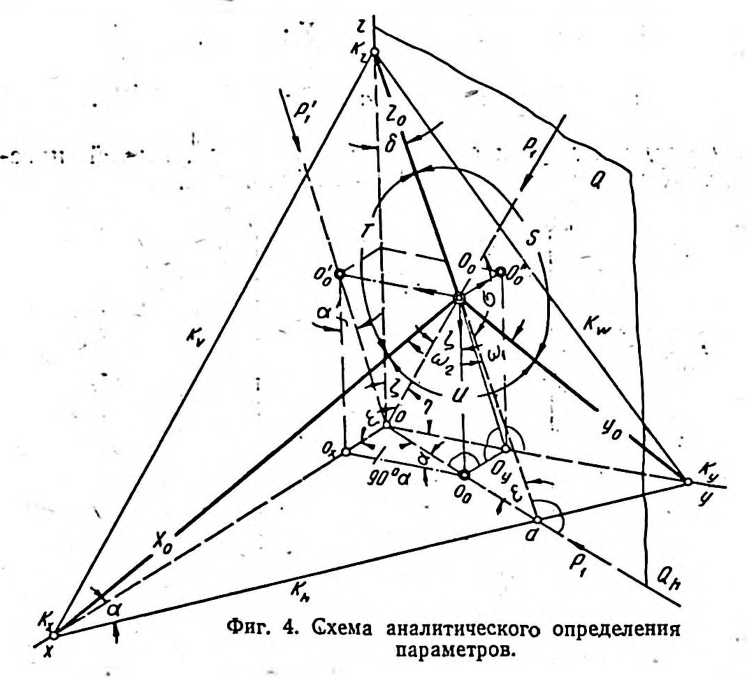
а — при любом положении картинной плоскости; *б* — для картинной плоскости, параллельной плоскости прямоугольных проекций.

В результате рассмотрения различных случаев положения картинной плоскости по отношению к плоскостям прямоугольных проекций установлено, что *для любого положения картинной плоскости схема*[1] *аксонометрического проектирования не меняет своего вида и числа элементов* (фиг. 3, *а*). При наличии картинной плоскости, параллельной плоскости прямоугольных проекций, схема (фиг. 3, *б*)

[1] Вид схемы аналогичен диаграмме проф. С. М. Колотова.

упрощается за счет того, что осью изображения является прямая, параллельная оси прямоугольных проекций (параметр $\beta = 0^\circ$).

Так как в каждом из рассмотренных случаев картинная плоскость может иметь различное положение и различные углы с направлением проектирования, то и значения параметров аксонометрического проектирования будут также



Фиг. 4. Схема аналитического определения параметров.

различны. Это обстоятельство необходимо учитывать при вычерчивании схемы аксонометрического проектирования.

Аналитическое определение параметров аксонометрического проектирования. Параметры аксонометрического проектирования, необходимые для построения схемы аксонометрического проектирования, можно вычислить аналитически для любых заданных условий проектирования. Параметры, вычисленные для различных условий и сведенные в таблицу, могут служить основанием для быстрого, точного и простого построения аксонометрической проекции предмета.

На фиг. 4 изображены X, Y и Z — оси прямоугольных

проекций, K_h, K_v, K_w следы и K_x, K_y, K_z точки схода следов картинной плоскости K, P_1 — проектирующий луч, проходящий через начало O и p_1 и p_1' — его прямоугольные проекции ζ, η, ξ, — углы между проектирующим лучом и осями прямоугольных проекций, α, α^1 — углы между p_1 и p_1' и соответствующими осями Y и Z. Угол ε между горизонтальным следом Q_h и линией aK_z пересечения плоскости K и Q будет углом наклона картинной плоскости к плоскости H, а угол δ — углом между осью Z и картинной плоскостью. Точка O_0 пересечения P_1 с картинной плоскостью является аксонометрией начала O, а прямые X_0, Y_0 и Z_0, соединяющие эту точку с точками K_x, K_y и K_z — аксонометрическими проекциями осей X, Y и Z, т. е. аксонометрическими осями, o_0, o_0' и o_0'' — прямоугольные проекции точки O_0. Углы ω_1 и ω_2 являются дополнительными до 180° углами соответственно для углов S и T.

При выводе формул для вычисления значений параметров использованы вспомогательная и биссекторная плоскости, схема аналитического определения параметров (фиг. 4), тригонометрические зависимости в плоских треугольниках, соответствующие положения аналитической геометрии и известная формула зависимости между углом проектирования σ и показателями искажения $\frac{1}{s}$, $\frac{1}{t}$ и $\frac{1}{u}$;

$$\left(\frac{1}{s}\right)^2+\left(\frac{1}{t}\right)^2+\left(\frac{1}{u}\right)^2=2+\operatorname{ctg}^2\sigma. \qquad (1)$$

В результате для прямоугольной и косоугольной аксонометрии получены следующие расчетные формулы:

1. Для вычисления параметра α:

$$\cos\alpha=\frac{\cos\eta}{\sin\zeta}, \qquad (2)$$

где α — угол между элементом I схемы аксонометрического проектирования и вертикальной прямой aa';
η — угол между направлением проектирования P_1 и осью Y;
ζ — угол между P_1 и осью Z.

2. Для вычисления параметра α':

$$\operatorname{tg}\alpha'=\operatorname{tg}\zeta\sin\alpha, \qquad (3)$$

где α' — угол между элементом II схемы аксонометрического проектирования и вертикальной прямой aa';
ζ, α — то же, что и в формуле (2).

3. Для вычисления параметра β:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\operatorname{tg}\lambda \sin\alpha}{1 - \operatorname{tg}\lambda \cos\alpha}, \qquad (4)$$

где β — угол между осью изображения и осью X;
α — то же, что и в формуле (2);
λ — угол между вспомогательной плоскостью T и плоскостью H вычисляется по формуле:

$$\operatorname{ctg}\lambda = \frac{\cos(\sigma - \varepsilon)}{\sin\sigma - \sin(\sigma - \varepsilon)}, \qquad (5)$$

где σ — угол между проектирующим лучом P_1 и картинной плоскостью K;
ε — угол между картинной плоскостью K и плоскостью H.

4. Для вычисления параметра γ:

$$\gamma = 90° - \alpha' + \beta, \qquad (6)$$

где γ — угол между элементом II схемы и осью изображения;
α' — то же, что и в формуле (3);
β' — то же, что и в формуле (4).

5. Для вычисления параметра γ_1:

$$\gamma_1 = 270° - S - \alpha - \beta. \qquad (7)$$

где γ_1 — угол между элементом III схемы и осью изображения;
S — угол между аксонометрическими осями Y_0 и Z_0;
α — то же, что и в формуле (2);
β — то же, что и в формуле (4).

Для обеспечения возможности широкого использования схемы аксонометрического проектирования и построения наиболее наглядного изображения значения параметров вычислены по формулам (2)—(10) для 26 различных случаев и приведены в таблице. В 5, 10 и 13 строках таблицы даны значения параметров соответственно для косоугольной фронтальной диметрии и прямоугольных изометрии и диметрии, рекомендуемых ГОСТ 3453-46 для использования в машиностроительном черчении[1].

---

[1] Чертежи в машиностроении, Сборник ГОСТ, Стандартгиз, 1950, ГОСТ 3453-46 «Расположение видов (проекций) на чертежах». Приложение 2.

Последовательность построения аксонометрических проекций

Выбор параметров аксонометрического проектирования. При выборе параметров для вычерчивания схемы аксонометрического проектирования необходимо учитывать конфигурацию контуров изображаемого предмета и в зависимости от этого выбирать наиболее удачное направление рассматривания (т. е. направление проектирования) с тем, чтобы полнее и нагляднее показать формы предмета. Во всех случаях выбора параметров необходимо стремиться к тому, чтобы выступающие элементы предмета по возможности не закрывали бы других элементов или контуров этого предмета. На фиг. 5 приведен пример удачного выбора параметров, при котором выступающий элемент A_0 детали не закрывает отверстия (параметры α_1, α_1' и др.), тут же пунктиром — пример неудачного выбора параметров, при котором это отверстие закрыто (параметры α_2, α и др.). Практически при решении этого вопроса необходимо через проекции a и a' крайней точки A выступающего элемента детали провести прямые I_1 и II_1 под углами α_1 и α_1'. Если эти прямые проходят левее соответствующих контуров проекций отверстия, то последнее не будет закрыто выступом. Если же прямые I_2 и II_2, проходящие через эти же точки (углы α_2 и α_2'), проходят правее указанных контуров, то отверстие будет закрыто.

Пользуясь таблицей, можно выбрать параметры для требуемых показателей искажения и углов между аксонометрическими осями. Например, если требуется построить прямоугольную диметрию для отношения показателей искажения $p : q : r = 1 : 0{,}5 : 1$, то, найдя в соответствующем столбце таблицы эти значения, читаем на той же строке соответствующие им параметры: $\alpha_1 = 20°40'$; $\alpha' = 45°00'$; $\beta = 36°30'$ и $\gamma_1 = 81°30'$ (строка 13-я таблицы).

Вычерчивание схемы. По выбранным из таблицы значениям параметров вычерчивается схема аксонометрического проектирования (фиг. 3). Схема располагается на свободном поле чертежа в непосредственной близости к исходным прямоугольным проекциям с соблюдением параллельности прямой aa' схемы к вертикальным прямым проекций.

В случае отсутствия таблицы при вычерчивании аксонометрии или если приведенные в ней значения параметров не соответствуют желаемому направлению рассматривания предмета, можно вычертить схему, приняв произвольные

Положение плоскости K		№ по пор.	Параметры α	α′	β	γ	γ₁	Отношение показате иска p	q
1		2	3	4	5	6	7	8	9
			Косоугольная аксонометрия						
K общего положения		1	15°00′	59°15′	49°50′	80°35′	85°10′	0,967	0,300
		2	19°20′	41°40′	33°30′	81°50′	82°10′	1,010	0 500
		3	28°10′	43°10′	29°25′	76°15′	82°15′	0,982	0 674
K параллельна плоскости V		4	12°10′	60°00′	0°	77°50′	90°00′	1,000	0,250
		5	19°25′	45°00′	0°	70°35′	90°00′	1,000	0,500
		6	26°30′	30°00′	0°	63°30′	90°00′	1,000	1,000
K параллельна оси Z		7	37°00′	58°50′	37°50′	69°[illegible]0′	79°25′	0,828	0,668
		8	25°00′	34°05′	13°30′	69°25′	90°00′	0,942	0,709
		9	30°00′	26°30′	0°	63°30′	90°00′	1,000	1,000
			Прямоугольная аксонометрия*						
K общего положения	Изометрия	10	45°00	45°00′	30°00′	75°00′		1,000	1,000
	Диметрия	11	10°10′	45°00′	40°20′	85°20′		1,000	0,250
		12	13°40′	5°00′	39°00′	84°00′		1,000	0,333
		13	20°40′	45°00′	36°30′	81°30′		1,000	0 500
		14	28°10′	45°00′	34°10′	79°10′		1,000	0,665
		15	58°00′	45°00′	27°30′	72°30′		1,000	1,200
		16	70°30′	45°00′	25°30′	70°30′		1,000	1,333
		17	81°50′	45°00′	23°40′	68°40′		1,000	1,400
	Триметрия	18	13°15′	77°40′	75°15′	87°30′		0,980	0,2 0
		19	14°10′	91°50′	76°20′	84°30′		0,969	0,250
		20	19°20′	84°30′	74°20′	79°50′		0,944	0,333
		21	18°10′	68°40′	60°10′	81°30′		0 958	0,333
		22	21°20′	64°10′	54°10′	80°10′		0 950	0,400
		23	29°30′	79°50′	65°40′	76°00′		0 875	0,500
		24	28°00′	69°40′	57°00′	77°15′		0,900	0,500
		25	37°45′	66°50′	50°30′	73°30′		4,833	0,666
		26	54°00′	62°30′	40°40′	68°15′		0,750	0,875

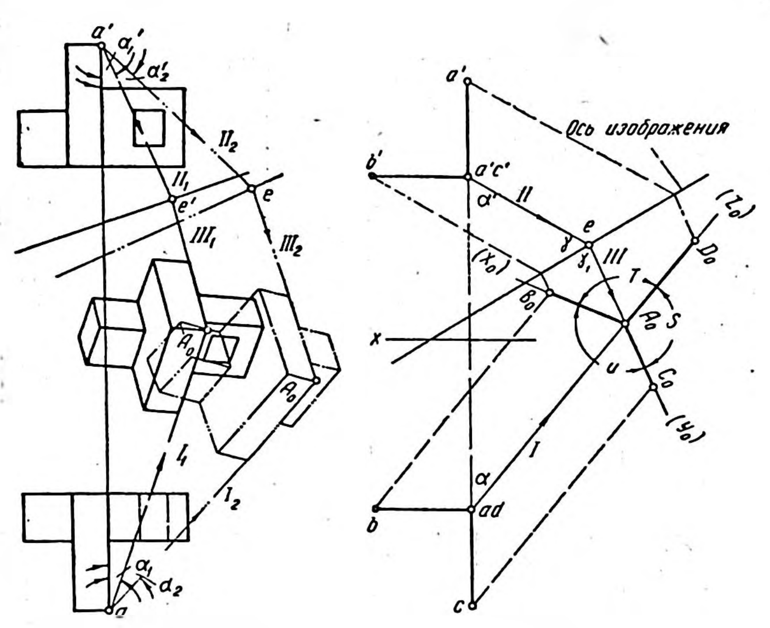
*Данные, приведенные в строках 10—26, графы 8—13, заимство

…лей …жения	Показатели искажения			Углы между аксонометрическими осями			Угол проектирования
r	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{t}$	$\frac{1}{u}$	S	T	U	σ
10	11	12	13	14	15	16	17
1,000	0,967	0,300	1,000	120°00′	92°10′	147°50′	81°10′
1,000	0,949	0,470	0,940	135°00′	97°00′	128°00′	85°40′
1,000	0,903	0,620	0,920	130°00′	104°04′	125°56′	76°00′
1,000	1,000	0,250	1,000	120°00′	90°00′	150°00′	76°00′
1,000	1,000	0,500	1,000	135°00′	90°00′	135°00′	63°30′
1,000	1,000	1,000	1,000	150°00′	90°00′	120°00′	45°00′
1,000	0,828	0,668	1,000	115°45′	105°20′	138°55′	70°00′
1,000	0,942	0,709	1,000	143°20′	106°10′	11[illegible]°30′	58°00′
1,000	1,000	1,000	1,000	150°00′	120°00′	90°00′	45°00′
1,000	0,816	0,816	0,816	120°00′	120°00′	120°00′	90°00′
1,000	0,985	0,246	0,985	134°06′	94°48′	134°06′	90°00′
1,000	0,973	0,324	0,973	133°25′	93°10′	133°25′	90°00′
1,000	0,943	0,471	0,943	131°25′	97°10′	131°25′	90°00′
1,000	0,905	0,603	0,905	128°35′	102°50′	128°35′	90°00′
1,000	0,763	0,915	0,763	111°58′	136°04′	111°58′	90°00′
1,000	0,728	0,970	0,728	103°38	152°44′	103°38′	90°00′
1,000	0,711	0,995	0,711	95°45′	168°30′	95°45′	90°00′
1,000	0,979	0,500	0,999	93°58′	90°10′	175°52′	90°00′
1,000	0,969	0,250	0,999	94°55′	90°20′	174°45′	90°00′
1,000	0,944	0,333	1,00	96°23′	90°47′	172°50′	90°00′
1,000	0,951	0,331	0,993	110°16′	92°16′	157°28′	90°00′
1,000	0,934	0,394	0,985	114°22′	93°50′	151°48′	90°00′
1,000	0,872	0,498	0,996	98°51′	92°51′	168°18′	90°00′
1,000	0,887	0,493	0,985	107°49′	95°11′	157°00′	90°00′
1,000	0,806	0,645	0,968	108°13′	101°10′	150°37′	90°00′
1,000	0,695	0,811	0,927	107°00′	114°46′	138°14′	90°00′

…ваны из книги Н. А. Рынина, „Аксонометрия“, Петроград, 1922 г.

значения параметров. Аксонометрическое изображение, построенное при помощи такой схемы, будет вольной аксонометрией.

При необходимости метрические данные построенной вольной аксонометрии можно вычислить по приведенным выше расчетным формулам (1) — (7) или определить графически (фиг. 6).

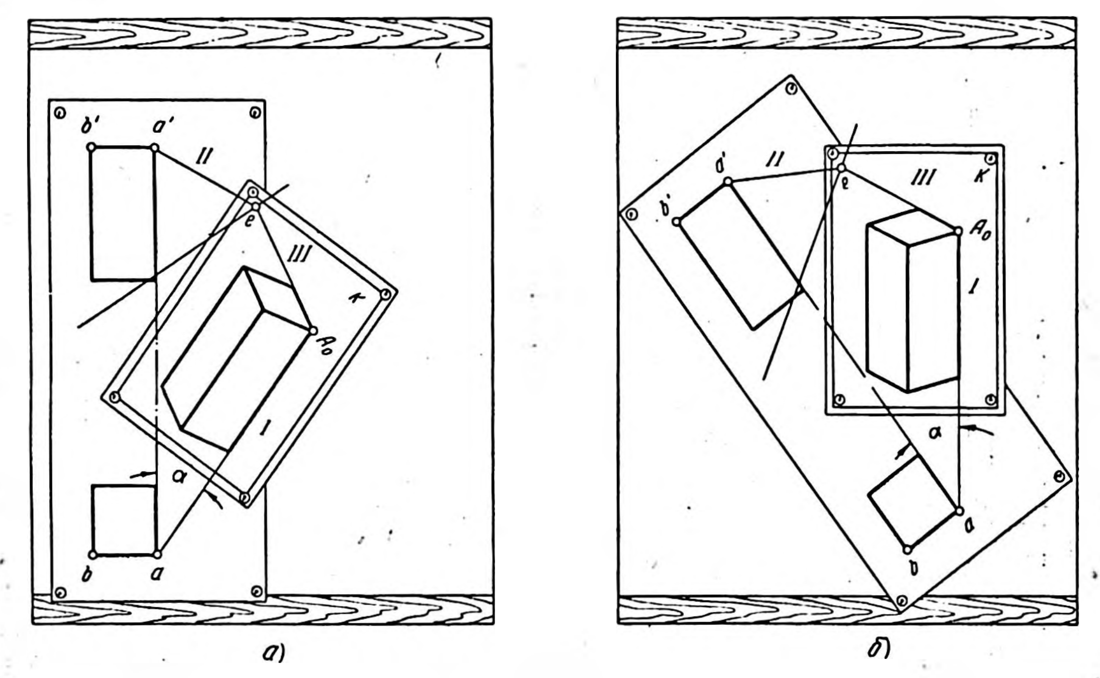


Фиг. 5. Влияние выбора параметров на наглядность изображения.

Фиг. 6. Графическое определение показателей искажения и углов между аксонометрическими осями.

При вертикальном расположении прямой $a'a$ схемы вертикальные прямые построенного аксонометрического изображения K наклонены на угол α к прямой aa', так как ось Z_0 параллельна элементу I схемы (фиг. 7, *а*).

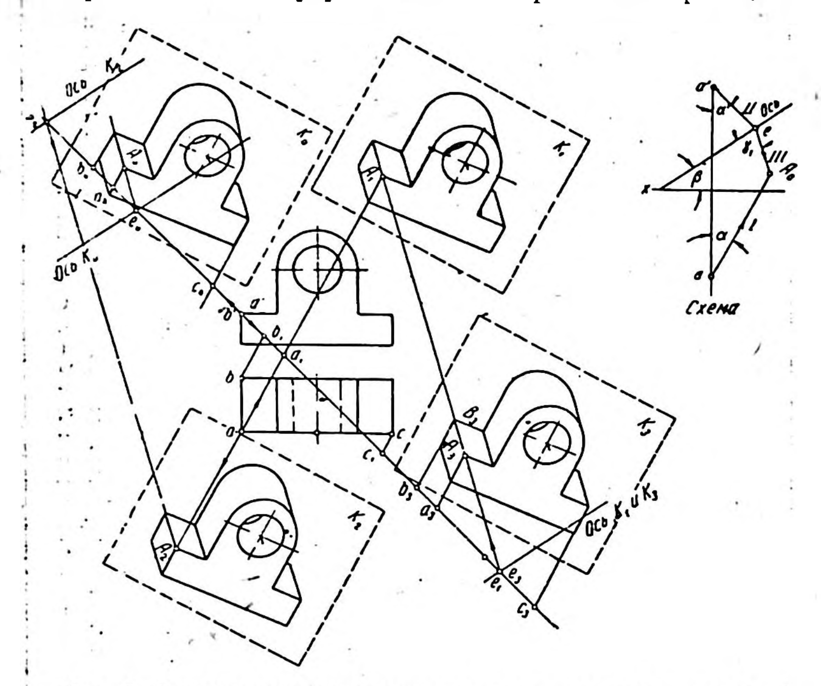
Для устранения наклона вертикальных прямых аксонометрического изображения достаточно вертикальные стороны рамки листа K расположить параллельно элементу I схемы. Наклон можно также устранить, построив схему так, чтобы элемент I был вертикален (фиг. 7, *б*). В этом



Фиг. 7. Устранение наклона вертикальных линий аксонометрического изображения:
а — наклоном картины *К* и *б* — наклоном схемы.

случае прямая aa' будет наклонена от вертикали влево на угол α. Исходные прямоугольные проекции необходимо расположить так, чтобы их вертикальные прямые были параллельны прямой aa' (например, $bb' \parallel aa'$).

Выбор места расположения аксонометрической проекции. После вычерчивания схемы приступают к выбору места расположения будущей аксонометрической проекции.



Фиг. 8. Относительное положение исходных проекций и вычерчиваемой аксонометрии.

Это место должно быть выбрано так, чтобы избежать наложения вычерчиваемой аксонометрии на исходные ортогональные проекции и чтобы линии построения по возможности имели меньшую длину.

На фиг. 8 приведены четыре примера различного положения вычерчиваемой аксонометрии по отношению к исходным ортогональным проекциям.

Пример 1. Для размещения аксонометрии K_1 выше и правее главного вида аксонометрия A_1 точки A детали, за-

данной проекциями a' — на главном виде и a — на виде сверху, расположена на прямой aA_1, проходящей через точку a параллельно элементу I схемы. Ось изображения, соответствующая этому случаю, проведена параллельно оси схемы через точку e пересечения прямой $a'e$, параллельной элементу II схемы, с прямой A_1e, параллельной элементу III схемы и проходящей через выбранную аксонометрию A_1 точки. При построении остальных точек аксонометрической проекции K_1 детали проведенная ось K_1 не меняет своего места. Направление линий построения указано стрелками.

Пример 2. Для размещения аксонометрии K_2 ниже и левее вида сверху аксонометрия A_2 точки A детали расположена на продолжении той же прямой aA_1, проходящей через точку a и параллельной элементу I схемы, с таким расчетом, чтобы избежать наложения верхней части аксонометрического изображения на вид сверху. Через точку A_2 проведена прямая A_2e_2, параллельная элементу III схемы, до пересечения в точке e_2 с прямой $a'e_2$, параллельной элементу II схемы. Ось K_2 проведена через точку e_2 параллельно оси изображения схемы. При построении аксонометрии остальных точек детали ось K_2 не меняет своего положения.

Пример 3. Для размещения аксонометрии K_3 правее по отношению к главному виду и виду сверху можно использовать линии $a'e_1$, e_1A_1 и ось K_1, проведенные для построения аксонометрии K_1. В этом случае аксонометрия A_3 точки A детали располагается на прямой e_1A_1. Через точки A_3 и a проведены прямые A_3a_3 и aa_1, параллельные элементу I схемы, до пересечения в точках a_3 и a_1 с прямой $a'e_1$. Полученный отрезок a_1a_3 является той величиной l, на которую необходимо сдвинуть по прямой $a'e_1$ в сторону e_1 все точки $b_1c_1, \ldots$ пересечения с прямой $a'e_1$ прямых $bb_1, cc_1, \ldots$, проведенных параллельно элементу I схемы через соответствующие точки b, c, . . . вида сверху. Так, например, точка b_3 получена откладыванием от точки b_1 отрезка $a_1a_3 = l$, точка c_3 получена откладыванием от точки c_1 того же отрезка l. Подобное откладывание быстро и просто можно произвести при помощи циркуля-измерителя.

Для построения аксонометрии B_3, C_3, ... точек B, C и других через полученные точки b_3, c_3, . . . проведены прямые, параллельные элементу I схемы. Дальнейшие построения выполнены обычным путем.

Следует заметить, что для построения точек b_3, c_3 и других можно выбрать любую прямую, пересекающую прямые aa_1, $bb_1, \ldots$ под углом, близким к 90°.

Пример 4. Вообще аксонометрия K_4 может быть построена в любом месте по отношению к исходным ортогональным проекциям. Точка A_4 выбрана произвольно. Для определения положения оси K_4 произведены следующие построения: через точку A_4 проведена прямая A_4e_4, параллельная элементу *III* схемы, до пересечения в точке e_4 с прямой $a'e_4$, проходящей через точку a' главного вида параллельно элементу *II*.

Ось K_4 проведена через точку e_4 параллельно оси изображения схемы.

Расстояние a_4a_1, на которое необходимо отнести точки b_1, c_1, . . . (см. пример 3), получено проведением через A_4 прямой A_4a_4, параллельной элементу *I* схемы, до пересечения в точке a_4 с прямой $a'e_4$.

Изменения положения вычерчиваемой аксонометрической проекции по отношению к исходным можно также добиться и путем увеличения расстояния между главным видом и видом сверху, путем параллельного перемещения видов по отношению друг к другу и т. д.

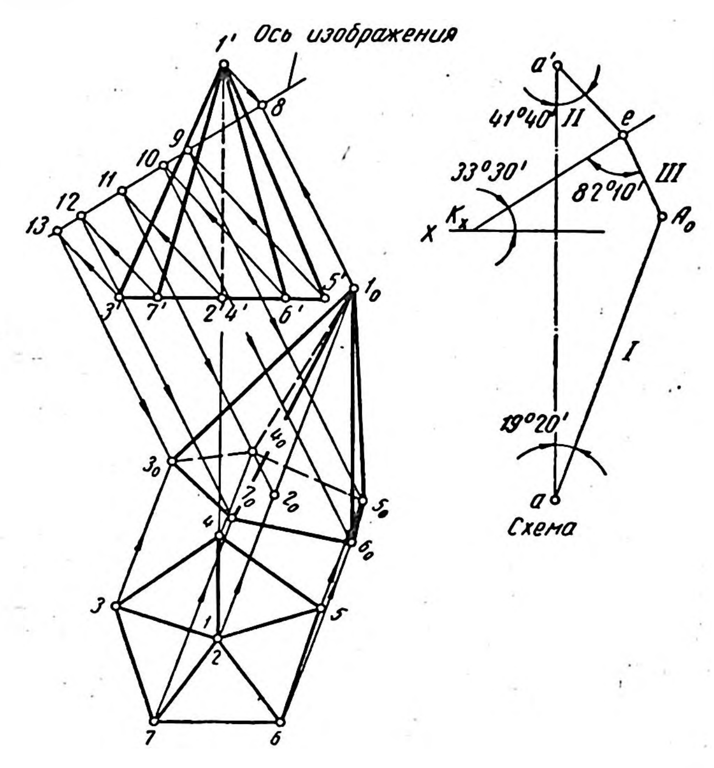
Следовательно, аксонометрическая проекция может быть построена на любом месте чертежа.

В качестве примера практического применения метода параметров аксонометрического проектирования рассмотрим построение аксонометрии п я т и г р а н н о й п и р а м и д ы (косоугольная триметрия).

По таблице выбираем параметры: $\alpha = 19°20'$; $\alpha' = 41°40'$; $\beta = 33°30'$ и $\gamma_1 = 82°10'$, соответствующие косоугольной триметрии (строка 2), и вычерчиваем схему аксонометрического проектирования так, чтобы прямая aa' была параллельна прямой $1 — 1'$ данных прямоугольных проекций пирамиды (фиг. 9). Через точку *1* горизонтальной проекции (т. е. вида сверху) проводим прямую $1—1_0$, параллельную элементу *I* схемы и выбираем на этой прямой точку 1_0 — искомую аксонометрию вершины пирамиды. Точку 1_0 необходимо выбрать так, чтобы избежать наложения вычерчиваемой аксонометрии на данные проекции. Затем через точку 1_0 проводим прямую $1_0—8$, параллельную элементу *III* до пересечения в точке *8* с прямой $1' — 8$, параллельной элементу *II* и проходящей через точку $1'$ вертикальной проекции (т. е. главного вида). Так как точка пересечения прямых, параллельных элементам *II* и *III* схемы и проходящих через горизонтальную и вертикальную проекции одной и той же точки, принадлежит оси изображения, то прямая *8—13*, параллельная прямой $K_x e$ схемы и про-

ходящая через точку *8*, будет осью изображения для вычерчиваемой аксонометрии пирамиды.

Для построения аксонометрии вершины *3* основания пирамиды через точку *3'* проводим прямую *3'—13*, параллельную элементу *II*, и через точку *13* пересечения этой прямой



Фиг. 9. Косоугольная триметрия пятигранной пирамиды.

с осью изображения прямую $13—3_0$, параллельную элементу *III*. Точка 3_0 пересечения прямой $13—3_0$ с прямой $3—3_0$, параллельной элементу *I* и проходящей через точку *3*, является искомой аксонометрией вершины *3*. Для вычерчивания аксонометрии остальных вершин необходимо выполнить такие же построения.

Соединив соответствующие точки 2_0, 3_0, . . ., прямыми линиями, получим аксонометрию пирамиды.

При выполнении построений линии $2—2_0$, $3—3_0$, . . . $2'—11$, $3'—13$, . . ., $11—2_0$, $13—3_0$, . . . не проводятся, а делаются засечки. Очевидно, что все описанные выше построения можно выполнить с большим удобством, применяя чертежную машину.

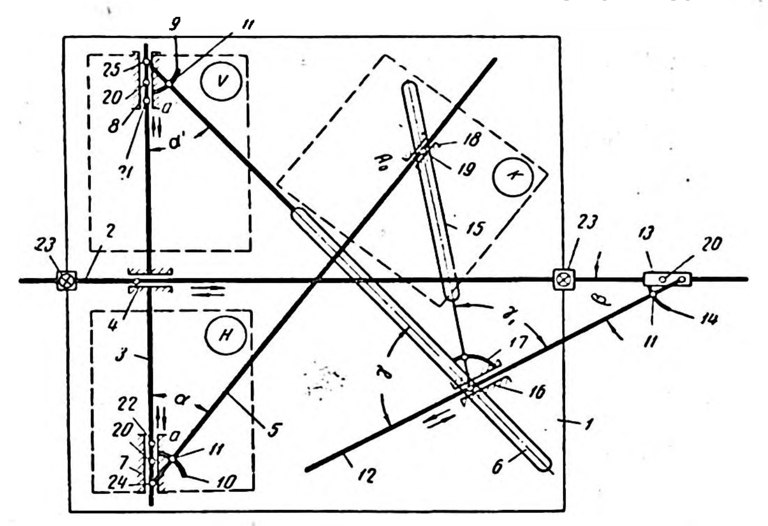
Аксонограф

Применение метода параметров аксонометрического проектирования для построения аксонометрических проекций выгодно отличается от других методов простотой и однотипностью графических построений, отсутствием метрических операций (снятие и откладывание размеров) и т. д. Эти обстоятельства позволили разработать кинематическую схему прибора для механического вычерчивания аксонометрии (аксонограф), заменяющего все графические построения последовательной обводкой контуров данных прямоугольных проекций. В процессе обводки пишущее устройство автоматически вычерчивает непрерывной линией аксонометрию обводимых контуров.

Кинематическая схема прибора. Ее конструктивные элементы соответствуют элементам схемы аксонометрического проектирования. Оси X соответствует база прибора *2*, которая при помощи скоб *23* неподвижно устанавливается на чертежной доске *1* (фиг. 10). Прямой aa' соответствует предметная линейка *3*, жестко соединенная с кареткой *4*, перемещающейся вдоль базы *2*. Оси линейки *3* и базы *2* взаимно перпендикулярны. Элементам *I* и *II* соответствуют лучевые линейки *5* и *6*, шарнирно соединенные с каретками *7* и *8*, свободно перемещающимися вдоль предметной линейки *3*. Лучевые линейки *5* и *6* по лимбам *9* и *10* устанавливаются на углы α и α' к оси линейки *3* и закрепляются фиксирующими винтами *11*. Оси изображения $K_1 e$ соответствует линейка *12*, шарнирно прикрепленная к кронштейну *13*. Эта линейка по лимбу 14 устанавливается под углом β к базе *2* и закрепляется фиксирующим винтом *11*. Элементу *III* соответствует вспомогательная линейка *15*, шарнирно прикрепленная к каретке *16*, свободно перемещающейся по линейке *12*. Линейка *15* при помощи фиксирующего винта *11* устанавливается по лимбу *17* под углом γ_1 к оси линейки *12*. В месте пересечения линеек *5* и *15* установлена скользящая обойма *18* с пишущим штифтом *19*. Каретки *4*, *7*, *8* и кронштейн *13* могут закрепляться неподвижно при помощи фиксирующих винтов *20*. На каретках *7* и *8* уста-

новлены обводные штифты *21* — для обводки линий вертикальной проекции и *22* горизонтальной. Стрелками указано возможное направление перемещения кареток и линеек прибора.

Передача движения обводных штифтов *21* и *22* к обойме *18* и преобразование его производятся при помощи лучевой линейки *6*, надетой своим прорезом на цапфу каретки *16*, с установленной на ней вспомогательной линейкой *15*, взаимодействующей с обоймой *18*, результирующей



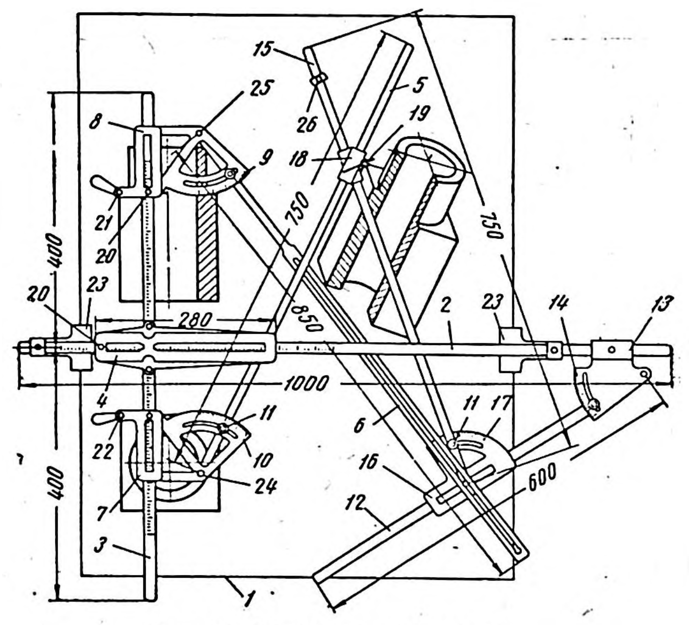
Фиг. 10. Кинематическая схема аксонографа.

перемещения линеек *5* и *15*. Пишущий штифт *19* автоматически вычерчивает аксонометрию линии, обводимой штифтами *21* и *22*.

Конструкция прибора. Общий вид прибора изображен на фиг. 11. Нумерация конструктивных элементов соответствует принятой на фиг. 10.

Размеры отдельных конструктивных элементов прибора рассчитаны на установку его на чертежной доске под формат *а1* и на обводку линий проекций формата *а4* каждая. Вычерчиваемая аксонометрия занимает формат *а3*. Применяя передвижку исходных проекций и вычерчиваемой аксонометрии можно использовать прибор и для бо́льших форматов.

Все линейки прибора и ободки роликов изготовляются из качественной конструкционной стали, соединительные планки кареток и стойки из дюралюминия, фиксирующие и установочные винты из латуни. Все подвижные конструктивные элементы должны обладать легкостью хода при минимальных люфтах. С этой целью ободки роликов всех ка-

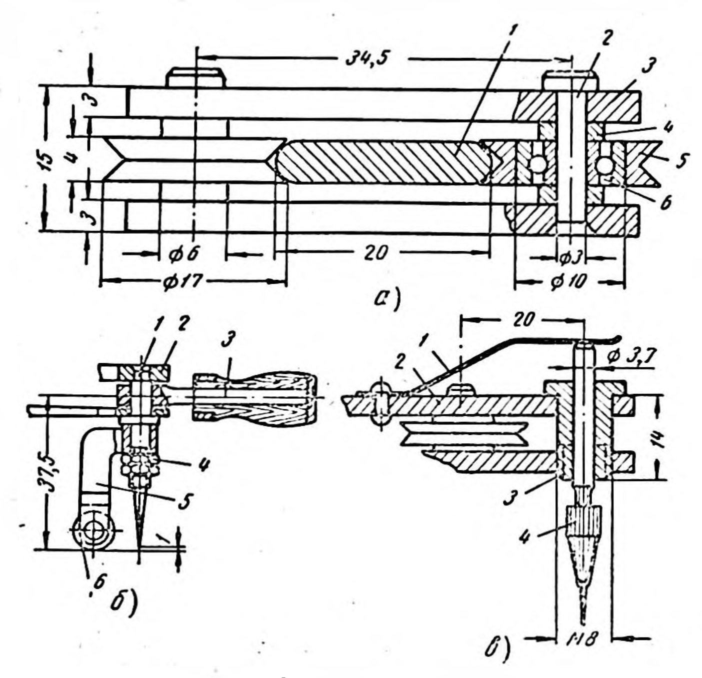


Фиг. 11. Общий вид аксонографа.

реток посажены на шариковые подшипники $3 \times 10 \times 4$ (ОСТ В-3, легкая серия 200). Конструкция ролика и крепление его на оси изображены на фиг. 12, *а*. Для обеспечения плавности и легкости хода опорные кронштейны обводных штифтов *21* и *22* (фиг. 12, *б*) и подвижная опорная стойка *26* снабжены шариковыми подшипниками. Пишущий штифт *19* представляет собой карандашную вставку циркуля, вставленную в направляющую втулку соединительных планок каретки *18* (фиг. 12, *в*). Равномерный нажим карандаша на бумагу обеспечивается специальной пружиной. База *2* и предметная линейка *3* имеют шкалы с

миллиметровыми делениями. Цена деления шкалы лимбов *9*, *10*, *14* и *17* равна 1°.

Аксонограф предназначен для механического вычерчивания аксонометрических проекций деталей, узлов и сборочных единиц машин по их прямоугольным проекциям, он



Фиг. 12. Элементы аксонографа:

а — ходовая часть каретки: *1* — линейка; *2* — ось; *3* — соединительная планка; *4* — шайба; *5* — обод ролика; *6* — шариковый подшипник; *б* — крепление обводного штифта к каретке: *1* — обводной штифт; *2* — соединительная планка; *3* — рукоятка; *4* — гайка М5; *5* — опорный кронштейн; *6* — шариковый подшипник; *в* — пишущий штифт: *1* — пружина; *2* — соединительная планка каретки; *3* — направляющая втулка; *4* — карандашная вставка.

может быть также применен для механического вычерчивания наглядных объемных графиков горных работ по данным проекциям с числовыми отметками, блок-диаграмм геологического строения — по геологическим картам и разрезам, аксонометрии узлов, конструктивных элементов и конструкций инженерных сооружений и т. д.

Выполнение работы на приборе. Приведение прибора в рабочее положение заключается в установке доски *1* (фиг. 11) в горизонтальное положение, установке линеек *5*, *6*, *12* и *15* по шкалам лимбов *10*, *9*, *14* и *17* на соответствующие значения параметров α, α', β и γ_1, взятые из табл. 1. Для предотвращения изменения принятой установки линеек *5*, *6*, *12* и *15* последние закрепляются фиксирующими винтами *11*.

Исходные прямоугольные проекции: главный вид и вид сверху располагаются на доске так, чтобы обводный штифт *21* мог обвести все линии главного вида, а штифт *22* все линии вида сверху. При этом положение видов должно быть таким, при котором можно одновременно установить штифты *21* и *22* на обе проекции какой-либо одной точки (так называемая увязка положения исходных проекций по вертикали). Если виды располагаются на отдельных листах, то, кроме увязки их по вертикали, требуется провести увязку по горизонтали. Увязка заключается в придании видам такого положения, при котором прямые линии их, параллельные оси *X*, были бы параллельны оси базы *2*. Если штифты *21* и *22*, установленные на проекциях любой такой прямой и закрепленные фиксирующими винтами *20*, при перемещении предметной линейки *3* вдоль базы *2* не отходят от этой прямой, то положение видов увязано по горизонтали. Место прикрепления листа бумаги для вычерчиваемой аксонометрии определяется пробной обводкой внешних контуров видов.

Последовательность выполнения работы на аксонографе зависит от вида и числа исходных проекций.

1. Дана одна проекция плоской фигуры. Если требуется вычертить аксонометрию фигуры, лежащей в плоскости, параллельной горизонтальной плоскости проекций, то, закрепив фиксирующим винтом *20* штифт *21*, обводим штифтом *22* горизонтальную проекцию этой фигуры. Пишущий штифт *19* вычертит требуемую аксонометрию. Если же фигура лежит в плоскости, параллельной вертикальной плоскости проекций, то закрепляется штифт *22* и вертикальная проекция фигуры обводится штифтом *21*.

2. Даны главный вид и вид сверху. Этот случай задания наиболее часто встречается в машиностроительных и строительных чертежах. Порядок выполнения работы на аксонографе сводится к последовательной обводке контуров одного вида, а затем другого. Так, например, если требуется вычертить аксонометрию втулки (фиг. 11), то необходимо

установить штифт *21* на линию верхнего основания главного вида этой втулки, закрепить его фиксирующим винтом *20* и штифтом *22* обвести контуры этого основания на виде сверху (две окружности). Затем, установив штифт *21* на линии верхнего основания призматической части втулки, штифтом *22* обвести круг и квадрат и т. д.

На фиг. 11 изображено положение деталей аксонографа при обводке верхнего основания призматической части втулки. При обводке штифтом *21* контуров главного вида штифт *22* устанавливается последовательно на соответствующие линии вида сверху и закрепляется фиксирующим винтом *20*.

При вычерчивании аксонометрии здания необходимо придерживаться той же последовательности обводки линий фасада и плана, которая описана выше.

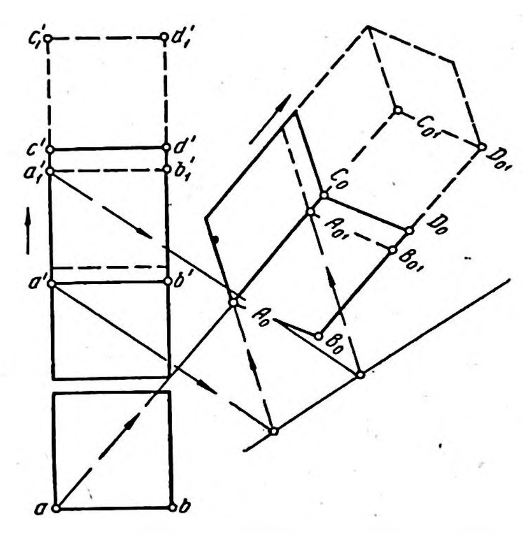
3. Даны главный вид и виды слева и сверху. Так как две проекции точки определяют полностью положение этой точки в пространстве, то для вычерчивания аксонометрии подавляющего числа объектов достаточно наличие двух видов. Если же особая сложность конфигурации контуров требует и третьего вида, то для вычерчивания аксонометрии таких контуров необходимо, пользуясь третьим видом, например видом слева, нанести на главный вид и вид сверху проекции точек этого контура. При установке штифтов *21* и *22* на проекции одной и той же точки, пишущий штифт *19* отметит аксонометрию этой точки. Повторив подобную операцию для других точек и соединив соответствующими линиями полученные аксонометрии этих точек, вычертим аксонометрию контура, изображенного на виде слева.

4. Вычерчивание аксонометрических осей. Обводные штифты *21* и *22* кареток *7* и *8* устанавливаются на 0 шкалы линейки *3*, каретка *4* устанавливается на 0 шкалы базы *2* и закрепляется фиксирующим винтом *20*. Проведем штифтом *21* вдоль линейки *3*. В это время пишущий штифт *19* прочертит аксонометрическую ось Y_0. Установим штифт *22* в первоначальное положение, а штифтом *22* прочертим прямую вдоль линейки *3*. В это время пишущий штифт *19* прочертит аксонометрическую ось Y_0. Установим штифт *22* в первоначальное положение и каретки *7* и *8* закрепим фиксирующими винтами, а каретку *4* проведем вдоль базы *2* прибора. При этом пишущий штифт *19* прочертит аксонометрическую ось X_0.

5. Передвижка исходных проекций. Если исходные проекции (виды, планы, разрезы и т. д.) имеют размеры,

превышающие каждая формат *а4*, то аксонометрия может быть вычерчена по частям с применением передвижки.

При передвижке вертикальной проекции вверх штифт *22* закрепляем неподвижно фиксирующим винтом *20*, а штифт *21* устанавливаем последовательно на какие-либо две самые нижние точки a' и b' этой проекции и отмечаем пишущим штифтом *19* аксонометрию A_0 и B_0 этих точек (фиг. 13). Затем, не меняя положения штифта *22*, передвигаем вверх вертикальную проекцию до положения, при



Фиг. 13. Схема передвижки исходных проекций и аксонометрии.

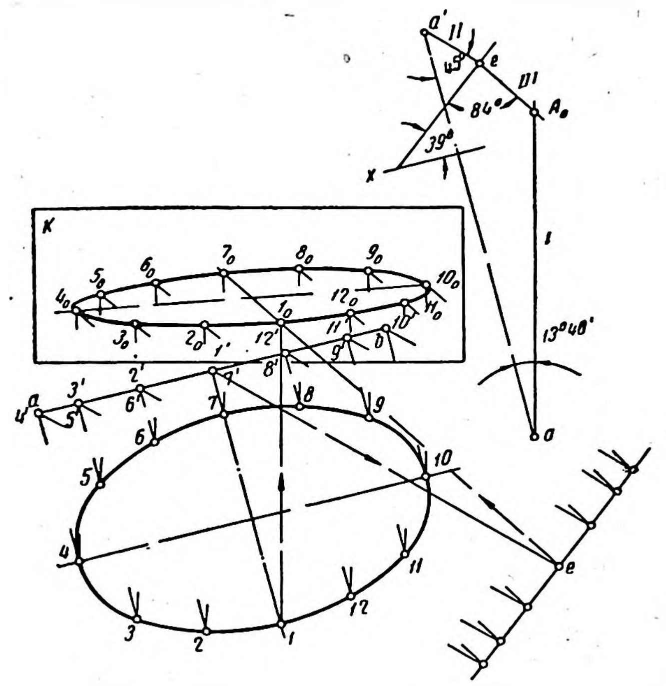
котором штифт *21* в своем крайнем верхнем положении может быть установлен на те же точки a'_1 и b'_1. Вычерчиваемая аксонометрия передвигается вверх так, чтобы точки A_{01} и B_{01} совпадали с пишущим штифтом *19* при положении обводного штифта *21* на точках a'_1 и b'_1. Такая передвижка может быть произведена несколько раз.

По аналогии производится передвижка горизонтальной проекции, причем неподвижно закрепляется штифт *21*. Также можно произвести и одновременную боковую передвижку горизонтальной и вертикальной проекций.

Примеры построения и вычерчивания аксонометрических проекций

Ниже описываются некоторые примеры графического построения и механического вычерчивания аксонометрии геометрических фигур и тел, деталей и узлов машин и т. д.

Овал. Прямоугольная диметрия овала, лежащего **в** плоскости, параллельной горизонтальной плоскости проекций (фиг. 14), вычерчена для значений параметров, взятых



Фиг. 14. Прямоугольная диметрия овала.

из 12 строки таблицы. После построения схемы на горизонтальную проекцию овала наносим ряд точек *1*, *2*, ..., *12* и строим их вертикальные проекции *1'*, *2'*, . . . , *12'* на прямой *ab*, параллельной оси *X*. Построение диметрии 1_0 первой и других точек произведены аналогично описанным на стр. 22. Соединив по лекалу плавной кривой точки 1_0, 2_0, . . . , 12_0, 1_0, получим диметрию овала.

Для вычерчивания диметрии овала аксонографом необходимо штифт *21* закрепить в положении, соответствующем прямой *ab*, и штифтом *22* обвести горизонтальную проекцию овала.

Цилиндр. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных вертикальной плоскости проекций, изображаются во фронтальной диметрии также окружностями без искажения размеров. На этом основании можно ограничиться только построением диметрии центра.

Отмеченная особенность использована при построении фронтальной диметрии цилиндра. Схема аксонометрического проектирования (фиг. 15, *а*) вычерчена по значениям параметров, приведенным в 4 строке таблицы. Выбрав место для расположения диметрии, проводим прямую 1_0—2_0 параллельно элементу *II* схемы. Затем, через точку *1* проводим прямую *1*—*e*, параллельную элементу *I*, до пересечения в точке *e* с осью изображения. Точка 1_0 пересечения прямой *e*—1_0, параллельной элементу *III*, с прямой 1_0—2_0 является диметрией центра одного основания цилиндра. Диметрия центра 2_0 другого основания цилиндра строится аналогично. Описав из полученных центров 1_0 и 2_0 окружности и соединив их касательными прямыми, получим фронтальную диметрию цилиндра.

При вычерчивании фронтальной диметрии на аксонографе необходимо штифт *21* установить на вертикальную проекцию оси цилиндра и закрепить фиксирующим винтом *20*. При положении штифта *22* на точке *1* пишущий штифт *19* отметит диметрию 1_0 центра. Передвинув каретку *7* по линейке *3* так, чтобы штифт *22* встал на точку *2*, прочертим штифтом *19* диметрию 1_0—2_0 оси цилиндра и отметим центр 2_0. Дальнейшее вычерчивание диметрии выполняется так же, как и при графическом построении.

Пересечение поверхностей конуса и цилиндра. При образовании поверхности различных технических деталей часто применяется сопряжение поверхностей конуса и цилиндра. Вычерчивание обычными способами аксонометрии линии пересечения таких поверхностей представляет некоторые трудности.

На фиг. 15, *б* построена прямоугольная диметрия линии пересечения поверхностей конуса и цилиндра. Величины параметров для построения схемы взяты из 14-й строки таблицы. С целью наиболее удобного расположения диметрии *К* все линии построения, параллельные элементу *I* схе-

мы, сдвинуты на величину *l* (обоснование способа сдвижки и определение её приведено в примере 3, фиг. 8).

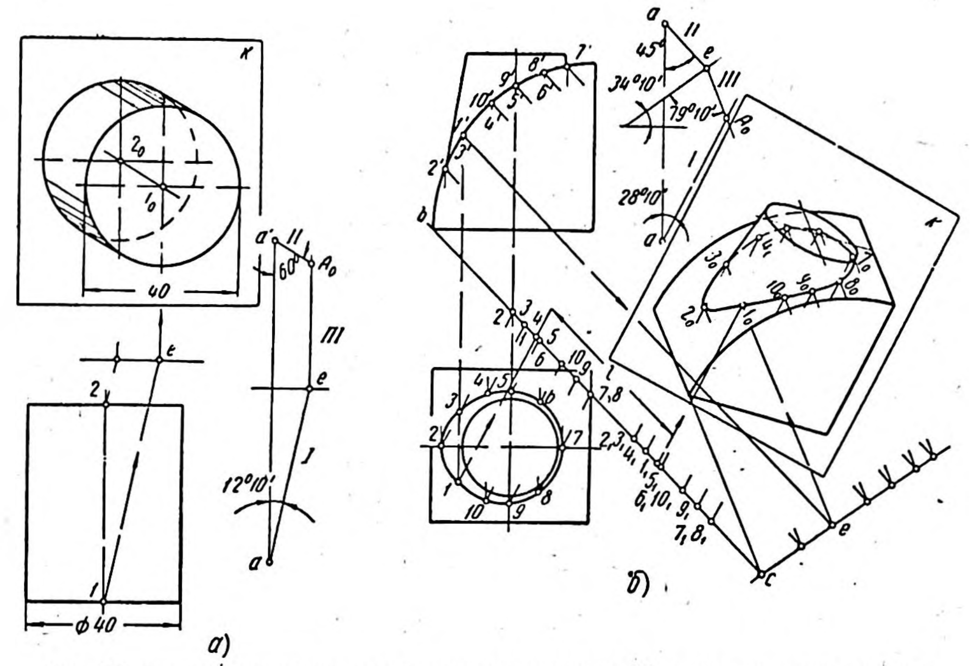
Рассмотрим построение диметрии 1_0 первой точки линии пересечения. Через точку *1* проводим прямую *1—1*, параллельную элементу *I* схемы, до пересечения с прямой *bc*. Отложив от точки пересечения отрезок *l*, получим точку 1_1, через которую проводим прямую 1_1—1_0, также параллельную элементу *I*. Через точку *1′* проводим прямую, параллельную элементу *II* до пересечения в точке *e* с осью изображения. Точка 1_0 пересечения прямой $e1_0$, проведенной через точку *e* параллельно элементу *III* схемы, с прямой 1_1—1_0 и является искомой диметрией первой точки. Точки 2_0, 3_0, . . . , 10_0 построены аналогично. Соединив плавной кривой точки 1_0, 2_0, . . . , 10_0, 1_0, получим прямоугольную диметрию линии пересечения поверхностей конуса и цилиндра.

Эти же построения можно выполнить аксонографом. Устанавливая штифты *21* и *22* одновременно на обе проекции *1—1′*, *2—2′*, . . . каждой точки, получим ряд точек 1_0, 2_0, . . . , 10_0, отмеченных пишущим штифтом *19*. Прямоугольной диметрией линии пересечения будет лекальная пространственная кривая, соединяющая эти точки.

Для вычерчивания диметрии цилиндра штифт *22* устанавливаем по виду сверху на линию одного из оснований и закрепляем фиксирующим винтом *20*, а штифтом *21* обводим контуры этого основания на главном виде. Затем передвигаем штифт *22* на линию другого основания, закрепляем его и штифтом *21* снова обводим тот же контур. Прямые, соединяющие оба основания, обводим штифтом *22*, предварительно устанавливая штифт *21* на главный вид этих прямых. При этом следует каретки *4* и *8* закреплять фиксирующими винтами *20*. Для вычерчивания диметрии конуса штифт *21* устанавливаем на главный вид верхнего основания и закрепляем винтом *20*, а штифтом *22* обводим контур этого основания на виде сверху. Вычерченную диметрию основания и линии пересечения соединяем по линейке касательными прямыми линиями.

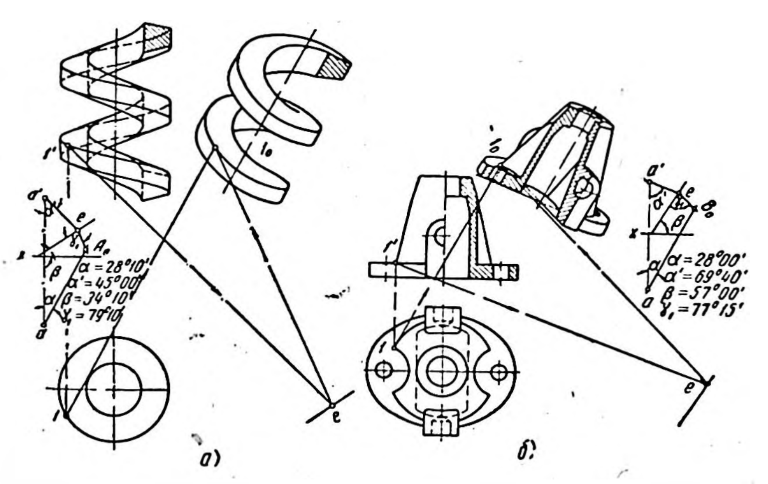
Пружина. На фиг. 16, *а* изображены построения прямоугольной диметрии пружины, навитой из прутка трапецоидального сечения. Схема построена по значениям параметров, взятым из 14 строки таблицы.

Графические и механические построения диметрии пружины аналогичны описанным выше построениям диметрии линии пересечения поверхностей конуса и цилиндра.



Фиг. 15. Фронтальная косоугольная диметрия цилиндра (*а*) и прямоугольная диметрия линии пересечения поверхностей конуса и цилиндра (*б*).

Крышка. Для построения схемы использованы значения параметров, приведенные в 24 строке таблицы. Графические построения прямоугольной триметрии крышки (фиг. 16, *б*) изображены только для точки 1_0. Построения для прочих точек аналогичны. Следует заметить, что для ускорения и удобства выполнения построений поверхность детали можно разбить на ряд составляющих поверхностей (элементов): цилиндр овального сечения (фланец), круговые цилиндры (приливы, боковые вырезы, отверстия, гнезда), круговые конусы и т. д. Строя последовательно триметрию каждого элемента, получим триметрию детали.



Фиг. 16. Прямоугольная диметрия пружины (*а*) и прямоугольная триметрия крышки (*б*)

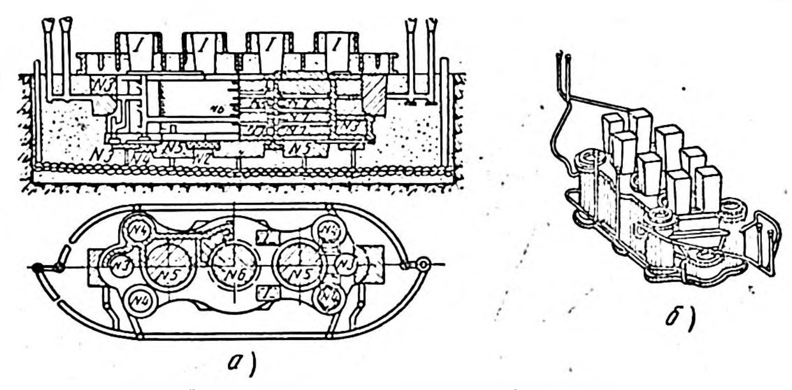
Для построения разреза в триметрии необходимо на виде сверху брать точки, лежащие на левой половине горизонтальной оси симметрии (часть разреза, соответствующая вертикально продольному разрезу) и на нижней половине вертикальной оси симметрии (часть разреза, соответствующая вертикально поперечному разрезу).

Вычерчивание аксонометрии на аксонографе аналогично описанному на стр. 33, фиг. 15, *б*.

Траверса гидравлического пресса. В современном машиностроении часто применяются отливки, имеющие весьма сложные очертания поверхности. Это обстоятельство приводит к необходимости изготовления сложных моделей и

стержней, к применению особой технологии формовки, а в случае больших размеров и веса отливки — к разработке сложной системы питания.

Для обеспечения правильного изготовления модели, удобства формовки, гарантии точности геометрических размеров, минимального расхода металла на прибыли и припуски, т. е. для обеспечения высокого качества отливки при минимальной себестоимости ее, одновременно с другими мероприятиями также необходимо обеспечение модельщиков и формовщиков аксонометрическими изображениями,



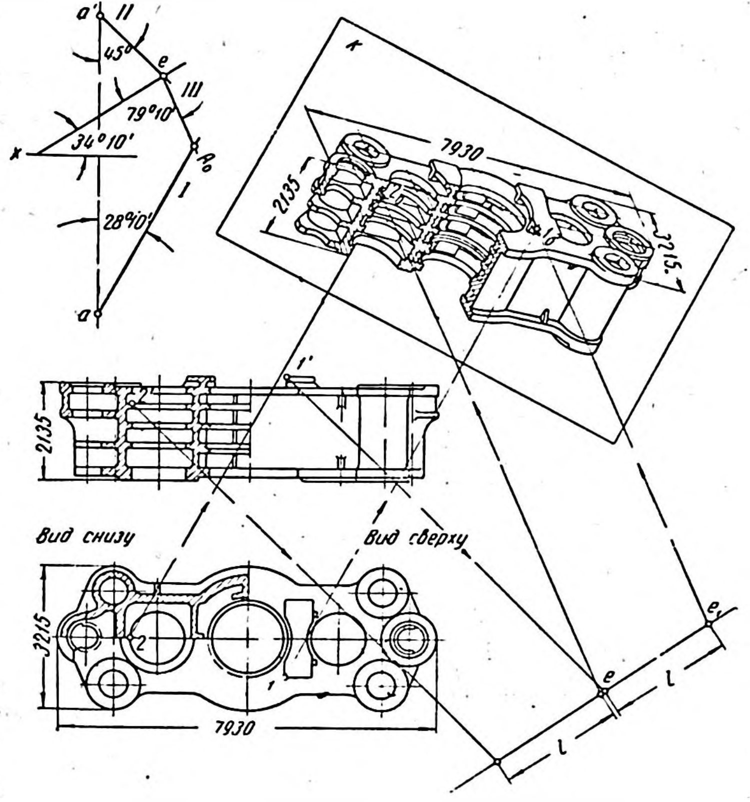
Фиг. 17. Форма для отливки траверсы (*а*) и аксонометрия отливки (*б*).

как необходимым дополнением к чертежу отливки, составленному в прямоугольных проекциях. Иллюстрацией к сказанному является чертеж формы для отливки траверсы гидравлического пресса весом 120 *т*, приведенной на фиг. 17, *а**. Представить очертания поверхности такой формы по приведенному чертежу довольно трудно. Но при наличии аксонометрического изображения (фиг. 17, *б*). этот вопрос решается легко и правильно.

На фиг. 18 изображены построения прямоугольной диметрии траверсы. Схема аксонометрического проектирования построена по значениям параметров, приведенным в 14 строке таблицы. При выполнении построений применены следующие приемы:

* Фиг. 17, *а* и *б* заимствованы из статьи Н. Ф. Фиксена и др. «Отливка траверсы гидравлического пресса весом 120 *т*» «Литейное производство» № 11, 1952.

1. Сдвижка точек e пересечения с осью изображения всех прямых, параллельных элементу II схемы. Величина сдвижки $l = ee_1$ выбрана так, чтобы избежать наложения диметрии K_l на главный вид траверсы. Применение сдвижки изображено для точек 1_0 и 2_0.



Фиг. 18. Прямоугольная диметрия траверсы.

2. Для уменьшения числа построений использован способ засечек на осях эллипсов. Для этого на виде сверху к концам диаметров окружностей и точкам касания прямых, параллельных элементу I схемы, прикладывается линейка и на соответствующих осях эллипсов делаются засечки.

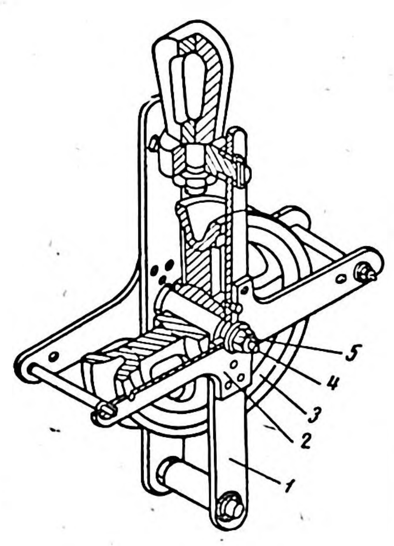
3. Диметрия эллипсов построена по схеме только для центрального отверстия. Для других отверстий диметрия

центров построена проведением прямых, параллельных диметрии продольной оси детали.

4. Построение разреза на диметрии изображено на примере точки 2_0 (точки $2, 2'$).

Порядок вычерчивания диметрии траверсы на аксонографе аналогичен описанному выше.

Вычерчивание аксонометрии узлов машин. В процессе сборки отдельных узлов машин и самих машин аксонометрические изображения можно использовать не только как дополнение к чертежу, вычерченному в прямоугольных проекциях, но и как самостоятельные сборочные чертежи (фиг. 19). При этом большая наглядность аксонометрического изображения и наличие только одного вида вместо нескольких значительно облегчают процесс чтения чертежа. Весьма целесообразным является составление в аксонометрии различного рода инструкционных карт по налаживанию и уходу за различными машинами и станками, плакатов и таблиц для учебных целей и т. п.



Фиг. 19. Прямоугольная изометрия блока:

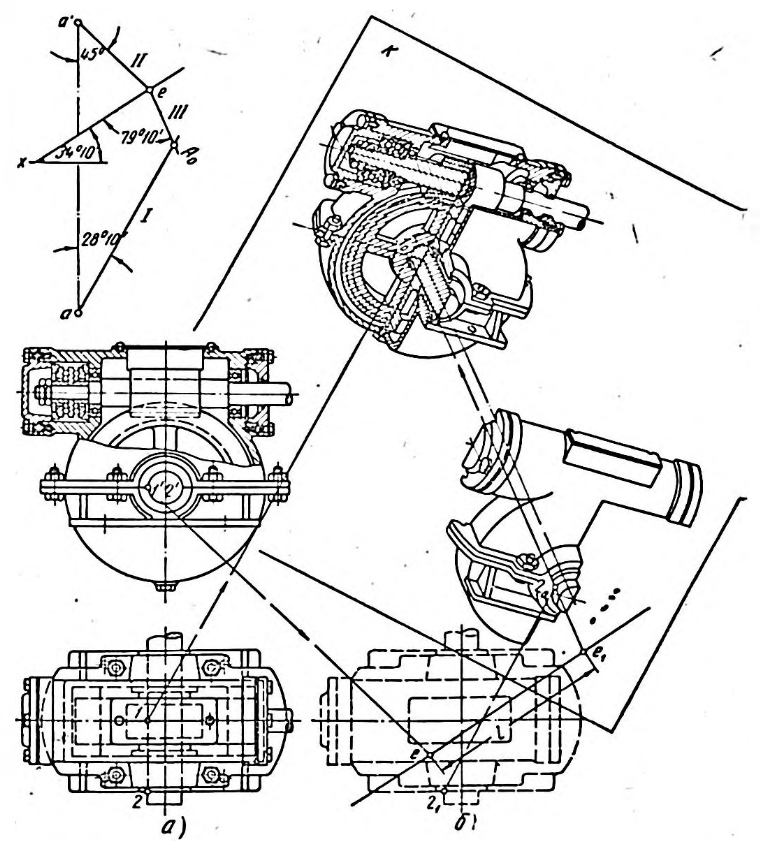
1 — серьга; 2 — крестовина; 3 — блок; 4 — вал грузовой; 5 — гайка, шайба.

На фиг. 20 изображены построения прямоугольной диметрии червячного редуктора. Для вычерчивания схемы аксонометрического проектирования использованы значения параметров, приведенные в 14-й строке таблицы.

Удобное расположение диметрии K достигнуто применением сдвижки $l = ee_1$. Для достижения большей наглядности на чертеже изображена и вырезанная часть редуктора. Разъем произведен по направлению оси вала червячного колеса (прямая I_0e_1, параллельная аксонометрической оси Y_0). Построения вырезанной части выполнены при помощи параллельной передвижки вида сверху из положения *а* в положение *б*). Эта передвижка применена для устранения

наложения вырезанной части на основное диметрическое изображение. Ход построений показан для точки 2_0.

Выполненные построения диметрии вырезанной части показывают, что желаемое положение вычерчиваемой аксо-



Фиг. 20. Прямоугольная диметрия червячного редуктора.

нометрии предмета может быть получено и путем параллельной передвижки видов по отношению друг к другу. Так, например, чтобы передвинуть аксонометрию K вниз и вправо, нужно опустить или передвинуть вправо вид сверху. Передвижение вида сверху влево влечет за собою перемещение аксонометрии K вверх и влево и т. д.

Изменением относительного расположения видов можно получить и желаемое направление разъема вырезанной и основной части. При этом следует стремиться выбирать направление разъема по секущим плоскостям.

Порядок вычерчивания аксонометрии узла на аксонографе аналогичен описанному в предыдущих примерах. Следует отметить, что разъем при вычерчивании вырезанной части на аксонографе может быть достигнут перемещением вида сверху или главного вида вдоль оси предметной линейки *3*, или перемещением листа бумаги с вычерчиваемой аксонометрией без изменения положения исходных видов. Для сохранения направления разъема по секущей плоскости необходимо передвигать лист вдоль линейки *5* или линейки *15*.

Применение аксонометрии в горном и инженерно-строительном деле

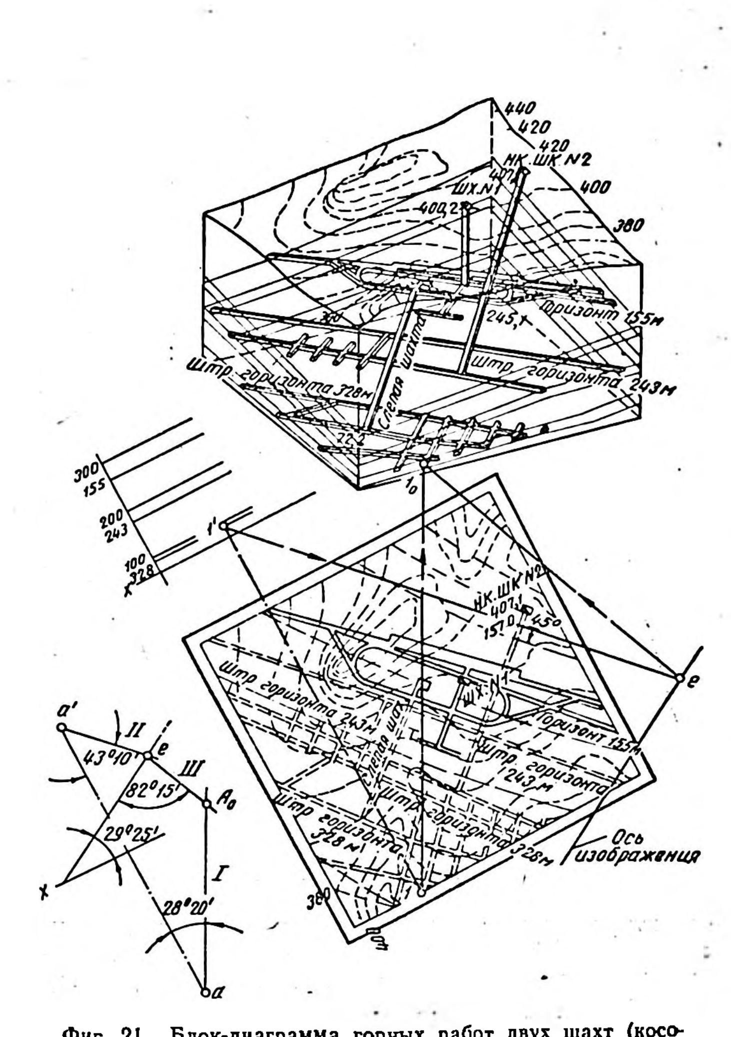
Блок-диаграмма горных работ двух шахт (фиг. 21), вычерченная в косоугольной триметрии, показывает расположение подземных выработок, увязанное с залеганием пластов угля и с рельефом дневной поверхности.

Схема аксонометрического проектирования вычерчена по данным 3 строки таблицы так, чтобы элемент *I* ее, параллельный аксонометрической оси Z_0, расположился вертикально. При этом вычерчиваемое аксонометрическое изображение располагается также вертикально.

Планшет с нанесенными на нем выработками располагается так, чтобы можно было наиболее полно и наглядно изобразить желаемый объект. Для этого необходимо, чтобы преобладающее направление выработок не было параллельно элементу *I* схемы. Затем выше планшета и обязательно параллельно оси X. схемы строятся линии вертикального масштаба, линии горизонтов 328, 243 и 155 *м* в абсолютных или относительных отметках. Для большей наглядности в необходимых случаях вертикальный масштаб можно принять крупнее масштаба планшета.

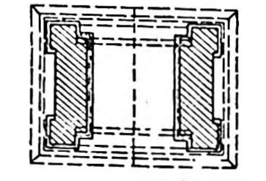
На фиг. 21 показан ход построения триметрии I_0 точки *I*, *I'*. Построение аксонометрии других точек планшета произведено аналогично. Построенные триметрии отдельных точек соединяются в последовательности расположения их на планшете.

При вычерчивании блок-диаграмм на аксонографе вертикальный масштаб не строится. Роль вертикального мас-

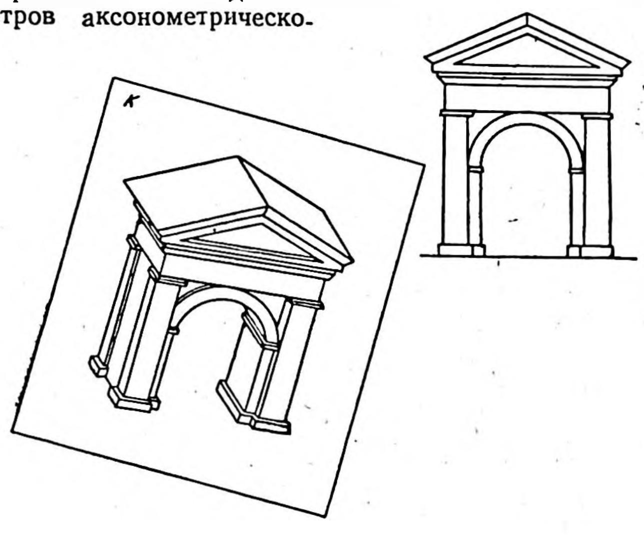


Фиг. 21. Блок-диаграмма горных работ двух шахт (косоугольная триметрия).

штаба выполняет шкала предметной линейки *3*, на соответствующие деления которой устанавливается обводный штифт *21* и закрепляется фиксирующим винтом *20*. После такой установки обводным штифтом *22* обводится тот контур, на отметку которого установлен штифт *21*. Для достижения большей наглядности планшет можно расположить на чертежной доске прибора под любым углом к оси базы.



Применение метода параметров аксонометрического проектирования и аксонографа для вычерчивания наглядных изображений в инженерно-строительном деле и архитектуре иллюстрируется аксонометрией портика, вычерченной на аксонографе (фиг. 22).



Фиг. 22. Аксонометрия портика.

Заключение

Наиболее рациональным способом построения аксонометрии с точки зрения минимального количества построений, их простоты и автоматичности является метод пара-

метров аксонометрического проектирования. Минимальное количество построений достигается тем, что для построения аксонометрии точки требуется провести только три прямые, а для точек, лежащих на одной прямой,— одну или две прямые, параллельные соответствующим элементам схемы. Простота построений достигается устранением таких действий, как снятие размеров с исходных прямоугольных проекций и откладывание их по аксонометрическим масштабам. Автоматичность построений достигается тем, что все они сведены только к проведению через проекции точек ряда прямых, параллельных соответствующим элементам схемы. Однотипность вспомогательных параллельных прямых придает четкость и ясность всему процессу построения аксонометрии и позволяет широко использовать чертежные машины. Отмеченные обстоятельства приводят к уменьшению затраты рабочего времени на вычерчивание аксонометрии в 2—3 раза по сравнению с обычно применяемыми графическими способами.

Наличие разработанных способов графического и аналитического определения параметров аксонометрического проектирования и сводной таблицы их значений позволяет построить схему для любых условий аксонометрического проектирования. Удобство пользования схемой обеспечивается возможностью широкой ее трансформации путем параллельного переноса отдельных элементов.

Конструкция описанного аксонографа является наиболее простой, универсальной и производительной из существующих. Значительное упрощение конструкции и обслуживания аксонографа достигнуто за счет применения оси изображения и отказа от следов картинной плоскости. Универсальность аксонографа определяется возможностью вычерчивания различных типов аксонометрии, что обеспечивается наличием градусных делений на лимбах, шарнирным креплением соответствующих линеек, позволяющим быстро устанавливать его на требуемые значения параметров. Высокая производительность аксонографа достигается и простотой обслуживания, и тем, что аксонометрическое изображение непрерывно вычерчивается пишущим штифтом в процессе обводки исходных контуров обводными штифтами (экономия рабочего времени в 10—12 раз по сравнению с графическим построением по «методу координат»). Вследствие простоты конструкции, удобства выполнения работы и автоматичности вычерчивания аксонометрии работа на приборе может выполняться лицом, только умеющим читать чертежи.

Для вычерчивания аксонометрии по методу параметров аксонометрического проектирования или на аксонографе можно использовать самые различные исходные данные (одна, две или три прямоугольные проекции, проекции с числовыми отметками, разрезы, числовые координаты точек и т. д.).

Применение метода параметров аксонометрического проектирования и аксонографа приводит к полному соответствию полученных линейных размеров изображения с соответствующими показателями искажения.

ПОСТРОЕНИЕ И ВЫЧЕРЧИВАНИЕ НАГЛЯДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЯХ

Метод ортогонального эпюра

Центральной проекцией или перспективой является изображение предмета на картинной плоскости, полученное при помощи пучка проектирующих лучей, проходящих через одну точку — центр проекций («точку зрения»). При таком проектировании линейные и угловые размеры предмета искажаются, причем степень искажения зависит от положения изображаемого элемента предмета относительно точки зрения к картинной плоскости. Поэтому построение и вычерчивание перспективы является сложной и весьма трудоемкой работой, а сами перспективные изображения, являющиеся наиболее наглядным видом изображений, получили ограниченное распространение.

Наиболее простым и экономичным способом построения перспективы в прямоугольных проекциях является метод следа луча. Построение перспективы по этому методу разработано только для случаев, когда картинная плоскость параллельна плоскости *V* или совпадает с ней и когда картинная плоскость параллельна плоскости *W* или совпадает с ней. Оба этих случая положения картинной плоскости дают возможность получить центральную фронтовую или боковую фронтовую перспективу предмета. Для построения же угловой перспективы предмета требуются специальные исходные данные. В зависимости от требуемой величины угла между главным лучом зрения и плоскостью фасада должна быть вычерчена специальная вертикальная проекция предмета, повернутого к плоскости *V* на этот угол. Вычерчивание такой проекции, необходимой только для построения угловой перспективы, является дополнительной работой.

Для устранения дополнительной графической работы и сохранения компактности графических построений перспективы применено вращение картинной плоскости при

построении перспективы по «методу следа луча». Благодаря этому можно построить желаемую перспективу при соответствующем выборе положения картинной плоскости K и точки зрения C, без изменения положения объекта по отношению к плоскости прямоугольных проекций, а следовательно, и без изменения конфигурации его проекций. Полученная перспектива в общем случае будет перспективой на наклонной плоскости.

Рассмотрим построение перспективы для некоторых положений картинной плоскости.

Картинная плоскость общего положения. На фиг. 23 даны прямоугольные проекции (a, a') некоторой точки A пространства, прямоугольные проекции (c, c') точки зрения C и следы K_v и K_h картинной плоскости K общего положения.

Проекции (a_0, a'_0) перспективы A_0 точки A построены как проекции точки встречи проектирующего луча AC с плоскостью K (построения произведены при помощи вспомогательной плоскости Q). Перспектива A_0 построена путем совмещения плоскости K с плоскостью H вращением вокруг горизонтального следа K_h.

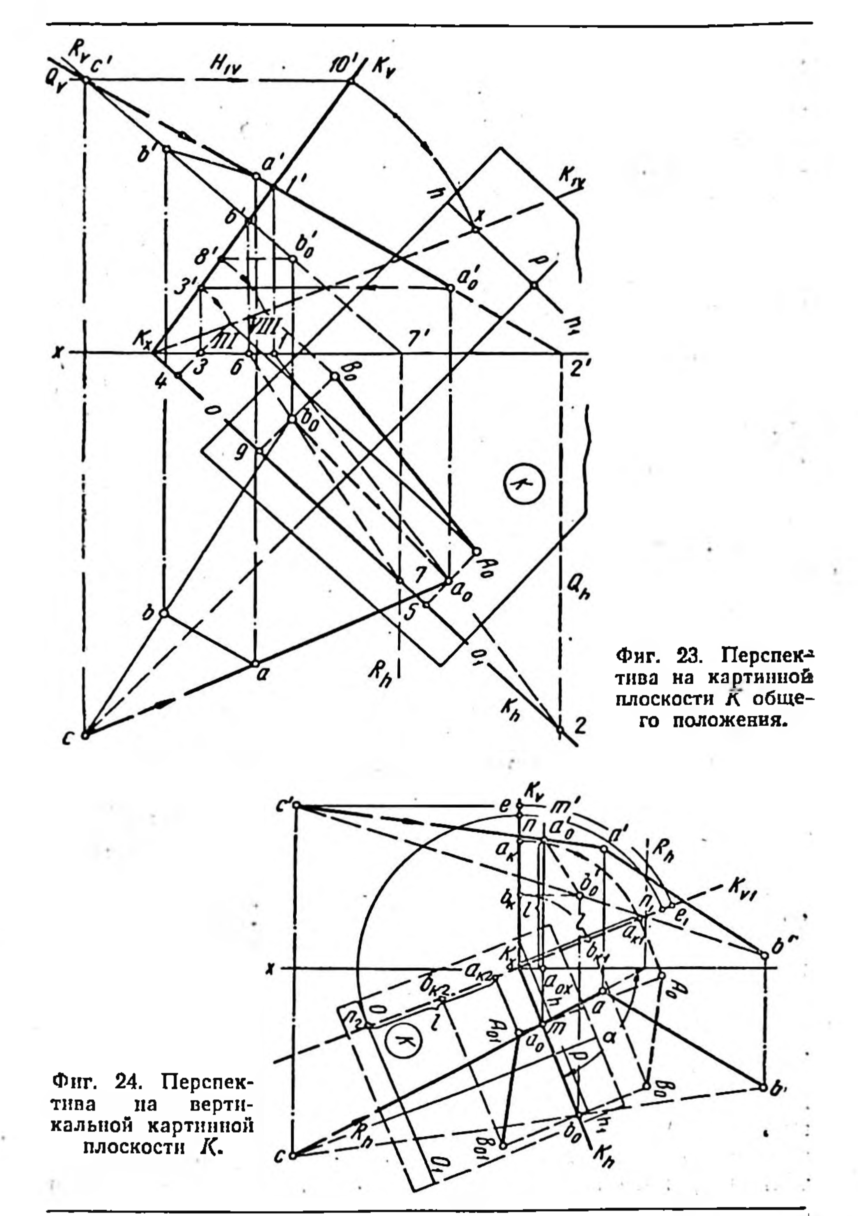
Перспектива B_0 всякой другой точки B пространства строится аналогично.

Соединив прямой линией точки A_0 и B_0, получим перспективу отрезка AB. Перспектива, построенная на плоскости общего положения, является перспективой на наклонной плоскости. Основанием OO_1 картины служит горизонтальный след K_h картинной плоскости (при предметной плоскости, совпадающей с плоскостью H). Прямая Cp, перпендикулярная к OO_1, является главной линией картины, и прямая hh_1 пересечения плоскости K с горизонтальной плоскостью H_1, проходящей через C, является линией горизонта hh_1.

Картинная плоскость перпендикулярна к плоскости H. На фиг. 24 даны прямоугольные проекции (a, a') некоторой точки A пространства (c, c') точки зрения C, $c'a'$ — вертикальная и ca — горизонтальная проекции проектирующего луча CA, идущего из точки C в точку A.

Между точкой зрения C и точкой A находится вертикальная картинная плоскость K, составляющая с плоскостью V некоторый угол α и изображенная на эпюре своими следами:

K_v вертикальным и K_h горизонтальным. K_x — точка схода следов. Горизонтальную плоскость проекций H примем



Фиг. 23. Перспектива на картинной плоскости K общего положения.

Фиг. 24. Перспектива на вертикальной картинной плоскости K.

за предметную плоскость, тогда горизонтальный след K будет служить основанием OO_1 картины.

Точка A_0 пересечения луча CA с плоскостью картины K есть перспектива точки A. Для построения A_0 через луч CA проводим вспомогательную горизонтально-проектирующую плоскость R, линия пересечения которой с плоскостью K изображена проекциями: горизонтальной a_0m и вертикальной $a_{0x}m'$. Вертикальной проекцией точки пересечения луча CA с плоскостью K, является точка a_0' пересечения вертикальной проекции луча $c'a'$ с вертикальной проекцией $a_{0x}m'$. Горизонтальной проекцией точки пересечения является точка a_0 пересечения K_h с горизонтальной проекцией ca луча CA.

Таким образом, a_0 и a_0' являются соответственно горизонтальной и вертикальной проекциями перспективы A_0.

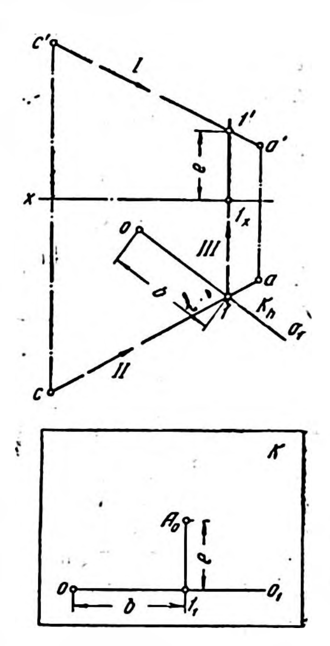
Для получения прямой и действительной величины перспективы A_0, необходимо плоскость картины K совместить с плоскостью H вращением по часовой стрелке вокруг основания картины K_h. Но при положении плоскости K между точками A и C возможно наложение плоскости картины K на горизонтальную и вертикальную проекции точки A, что явно неудобно. Вращая же плоскость K против часовой стрелки, избегаем такого наложения, но получаем «зеркальную» перспективу, так как становится видимой сторона плоскости K, обращенная не к точке зрения C, а к предметной точке A. Эти недостатки легко устраняются вращением плоскости K по часовой стрелке и параллельным переносом основания K_h влево, в положение K_{h_1} (т. е. вращением плоскости без указания осей).

При вращении плоскости K по часовой стрелке вокруг основания картины K_h точка a_k займет положение a_{k1}. Совмещенное положение перспективы A_0 точки A определяется как пересечение перпендикуляров, восставленных из точек a_0 и a_{k_1} соответственно к прямым K_h и K_{v_1}.

Все приведенные рассуждения справедливы и для всякой другой точки B пространства.

Картинная плоскость перпендикулярна к плоскости V. В случае применения картинной плоскости K, перпендикулярной к вертикальной плоскости проекций V и составляющей угол β с горизонтальной плоскостью проекций H, получим перспективу на наклонной плоскости. Но так как в рассматриваемом случае картинная плоскость является вертикально проектирующей, то построения перспективы значительно проще описанных для картинной плоскости общего

положения (фиг. 23) и аналогичны построениям, описанным выше (фиг. 24). Практический интерес по своей простоте представляют построения перспективы на картинных плоскостях: а) перпендикулярной к плоскости H — так называемая линейная перспектива (наиболее широко применяемое в практике положение картинной плоскости) и б) перпендикулярной к плоскости V — так называемая перспектива на наклонной плоскости.



Фиг. 25. Схема построения перспективы A_0 точки A.

Для этих случаев построение перспективы производится по схеме (фиг. 25), составленной на основании построений, приведенных на фиг. 24, в следующем порядке.

1. С учетом обеспечения наибольшей наглядности изображения и соответствующего угла зрения выбираем положение горизонтального следа K_h картинной плоскости K и проекций c и c' точки зрения C по отношению к исходным проекциям. Прямая K_h является основанием OO_1 картины.

2. Проекции a' и a изображаемой точки A соединяем прямыми $a'c'$ (элемент I) и ac (элемент II) с одноименными проекциями c' и c точки зрения.

3. Отрезок b, равный расстоянию от произвольно выбранной, но постоянной точки O прямой K_h до точки 1 пересечения K_h и ac, откладываем на произвольной горизонтальной прямой OO_1; в полученной точке 1_1 восставляем перпендикуляр к OO_1. Прямую OO_1 можно провести и на отдельном листе бумаги, предназначенном для вычерчивания перспективы (на фиг. 25 лист K).

4. Отрезок e вертикали, проведенной через точку 1 (элемент III), равный расстоянию от оси X до точки $1'$ пересечения этой вертикали с прямой $a'c'$, откладываем на перпендикуляре от точки 1_1. Полученная точка A_0 и будет искомой перспективой точки A. Построение перспективы любой другой точки выполняется аналогично при неизмен-

ном положении K_h, c' и c. Масштаб картины можно изменить в m раз, если при откладывании отрезков b и e изменить их величину в m раз.

Из рассмотренной схемы следует, что сложные и громоздкие построения перспективы заменяются простыми однотипными построениями.

Для построения перспективы точки необходимо провести четыре прямые, снять циркулем-измерителем и отложить два отрезка. Если изображаемые точки располагаются на одной прямой, перпендикулярной к плоскости проекций, то для построения перспективы их достаточно провести одну или три прямые, снять и отложить один или два отрезка.

Описанный способ построения перспективы назван «методом ортогонального эпюра».

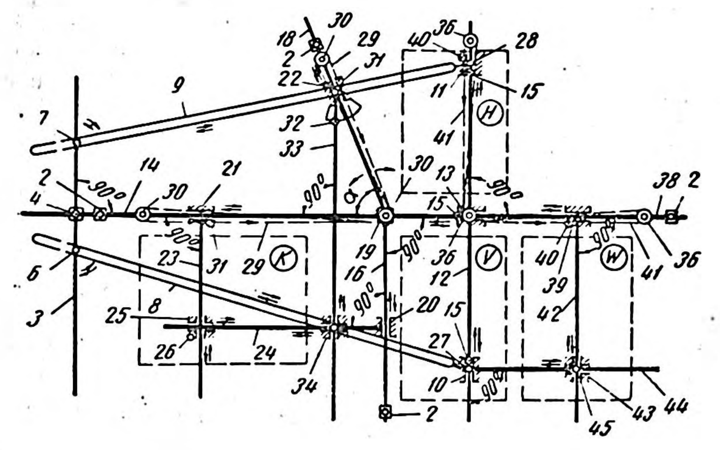
Перспектограф

Простота и однотипность графических построений перспективы по методу ортогонального эпюра позволили разработать кинематическую схему прибора для механического вычерчивания перспективы (перспектографа). В кинематической схеме при помощи системы взаимодействующих рычагов и линеек предусмотрено механическое выполнение всех графических построений перспективы линий при обводке обводными штифтами соответствующих проекций этих линий. Таким образом, прибор заменяет все графические построения, производимые при вычерчивании перспективы по методу ортогонального эпюра, перемещением соответствующих линеек и кареток, в результате чего пишущий штифт механически вычерчивает в совмещенном с плоскостью чертежа и перенесенном положении перспективу обводимых линий для различных положений точки зрения, различных углов α и β наклона картинной плоскости и т. д.

Кинематическая схема перспектографа. Элементы кинематической схемы прибора (фиг. 26) соответствуют элементам ортогонального эпюра (фиг. 24) в следующем порядке.

База прибора *14* соответствует оси X. Выше базы располагается исходная горизонтальная проекция H, а ниже вертикальная V, профильная W проекции и вычерчиваемое перспективное изображение K. При помощи переставного шарнира *19* к базе прибора крепятся линейки: под прямым углом линейка *16*, соответствующая вертикальному следу K_v картинной плоскости K и под углом α (или β) линейка *18*, соответствующая горизонтальному следу K_h. По ли-

нейке *3*, соединенной при помощи установочного зажима *4* с базой *14*, переставляются шарниры *6* и *7*, соответствующие вертикальной *c'* и горизонтальной *c* проекциям точки зрения *C*. Через центры шарниров *6* и *7* проходят лучевые линейки *8* и *9* с прорезами, соответствующие вертикальной *a'c'* и горизонтальной *ac* проекциям проектирующего луча. Лучевые линейки *8* и *9* шарнирно соединены соответственно с каретками *10* и *11*, имеющими обводные штифты: *27* — для обводки вертикальной и *28* — для обводки горизонталь-



Фиг. 26. Кинематическая схема перспектографа:

основной комплект — 25 элементов: *2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 29* и *30*; дополнительные комплекты: 1) 2 элемента: *33, 34*: 2) 6 элементов: *36—41, 38, 39, 43—45, 44.*

ной проекций. Эти каретки свободно перемещаются по предметной линейке *12*, жестко соединенной с кареткой *13*, свободно перемещающейся по базе *14*. Для закрепления кареток *10, 11* и *13* в неподвижном положении служат фиксирующие винты *15*. Лучевая линейка 9 своим прорезом надета на цапфу каретки *22*, свободно перемещающейся по линейке *18* и соединенной зажимом *31* с тросиком *29*, перекинутым через блоки *30* и передающим от каретки *22* зависимое движение каретке *21*, свободно перемещающейся по базе *14*. К каретке *22* при помощи сектора и зажима *32* шарнирно присоединена линейка *33*, устанавливаемая под углом 90° к базе *14* и соответствующая линии a_0, a_0'. К каретке *21* жестко под углом 90° к базе *14* прикреплена вспомогательная линейка *23*, соответствующая прямой $a_{к2}$ $A_л$.

Лучевая линейка *8* своим прорезом надета на цапфу каретки *34*, свободно перемещающейся по линейке *33* и вспомогательной линейке *24*, соответствующей линии a_0A_{01} и жестко под углом 90° к линейке *16*, прикрепленной к каретке *20*. В месте пересечения линеек *23* и *24* установлена скользящая обойма *25*, имеющая пишущий штифт *26* и результирующая совместные перемещения штифтов *27* и *28*.

Для обводки профильной проекции в кинематической схеме предусмотрена каретка *43* с обводным штифтом *45*, перемещающаяся по линейкам *44*, укрепленной на каретке *10* под углом 90° к линейке *12* и *42*, укрепленной на каретке *39* под углом 90° к базе *14*. Каретка *39* свободно перемещается по линейке *38*, расположенной над базой *14*, и, будучи соединена зажимом *40* с системой тросика *41* и блоков *36*, передает свои движения каретке *11*.

Весь прибор при помощи скоб *2* неподвижно крепится к чертежной доске *1* (фиг. 27). Стрелками (фиг. 26) указано возможное направление перемещения кареток и линеек прибора.

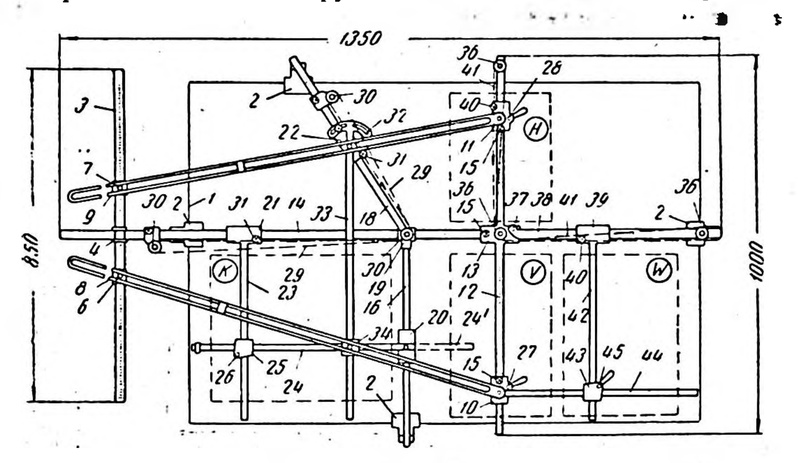
Передача движения обводных штифтов *27* и *28* к обойме *25* и преобразование его производится при помощи взаимодействия лучевых линеек *8* и *9* с каретками *34* и *22*, при котором происходит одновременное перемещение линеек *24* и *33* и при помощи тросика *29* перемещение каретки *21* с линейкой *23*. При этом пишущий штифт *26* непрерывно вычерчивает перспективу контура, обводимого штифтами *27* и *28*. При обводке контура штифтом *45* перемещаются линейки *42* и *44*, взаимодействующие с каретками *10* и *11*. Дальнейшее взаимодействие конструктивных элементов протекает в порядке, описанном выше.

В зависимости от наличия исходных данных и необходимости в вычерчивании того или иного вида перспективы из кинематической схемы могут быть исключены те или другие элементы. Так, например, при вычерчивании угловой перспективы по двум прямоугольным проекциям *H* и *V* или по плану и разрезам можно исключить 6 элементов *36—41*, *38*, *39*, *42*, *43—45* и *46*, предназначенных для обводки профильной проекции *W*; при вычерчивании фронтовой перспективы по двум прямоугольным проекциям *H* и *V* или любого вида перспективы по одной проекции с числовыми отметками (планы в горизонталях, планы по горизонтам) можно исключить еще 2 элемента — *33* и *34*. Оставшиеся 25 элементов составляют основной комплект деталей, при

наличии которого конструктивное оформление прибора будет наиболее простым.

Конструкция перспектографа. Общий вид перспектографа изображен на фиг. 27. Нумерация конструктивных элементов та же, что и на фиг. 26.

Размеры конструктивных элементов перспектографа рассчитаны на обводку горизонтальной проекции, вычерченной на формате *a2* и вертикальной на формате *a3* — *a2*. Формат вычерчиваемой перспективы *a3* — *a2*. На фиг. 27 изображено расположение конструктивных элементов для вычерчива-

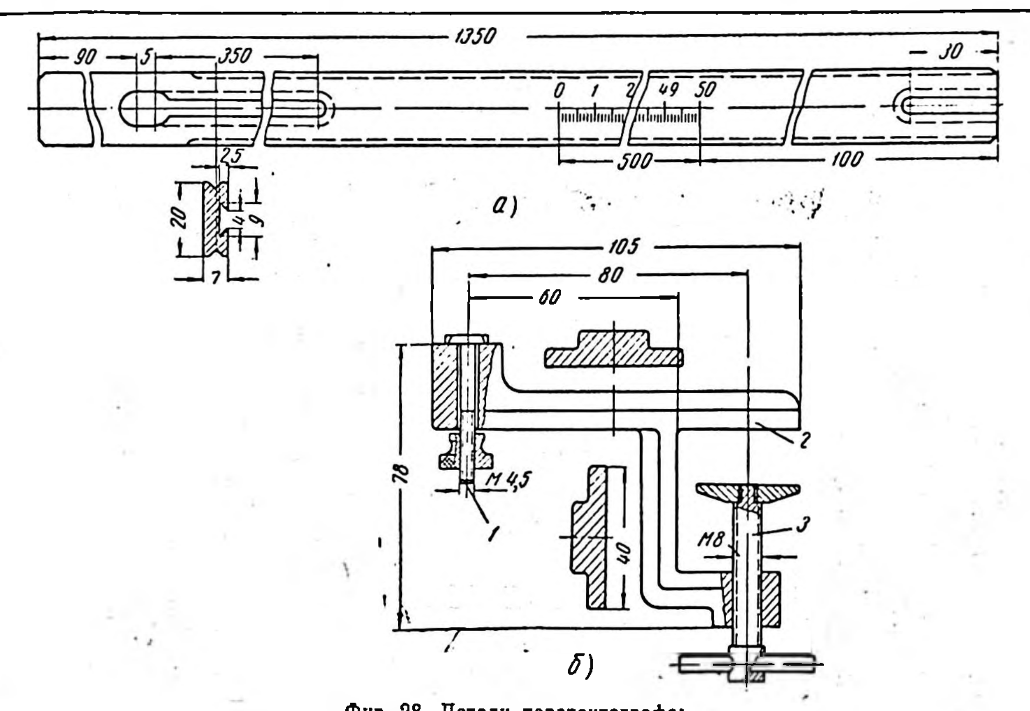


Фиг. 27. Общий вид перспектографа.

ния перспективы с масштабом картины, уменьшенным по отношению к масштабу исходных прямоугольных проекций. При взаимной перестановке каретки *13* с линейкой *12* и каретки *21* с линейкой *23* и повороте линейки *24* в положение *24'* вычерчиваемая перспектива будет иметь масштаб картины, увеличенный по отношению к исходным прямоугольным проекциям.

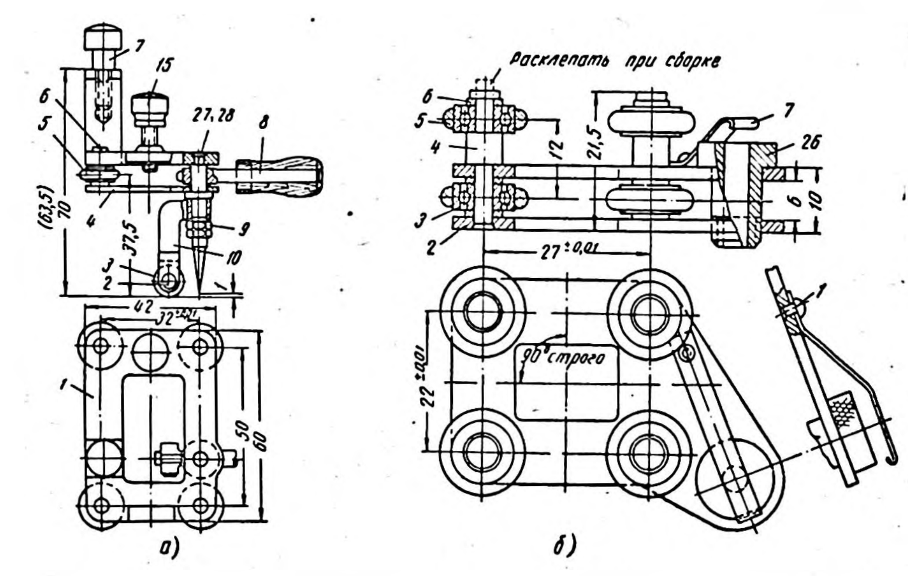
Детали перспектографа изготовляются из тех же материалов, что и соответствующие детали аксонографа.

Придание кареткам легкости хода при минимальных люфтах обеспечивается применением радиальных шариковых подшипников *R*—3 (9,5$\times$3$\times$4), приданием поверхности ободков кольцевой формы и наличием треугольных шлифованных пазов на базе прибора *14* (фиг. 28, *а*) и соответствующих линейках.



Фиг. 28. Детали перспектографа:

а — база; б — установочная скоба: 1 — болт М4,5 с гайкой; 2 — скоба; 3 — установочный винт М8 с рукояткой и шайбой.



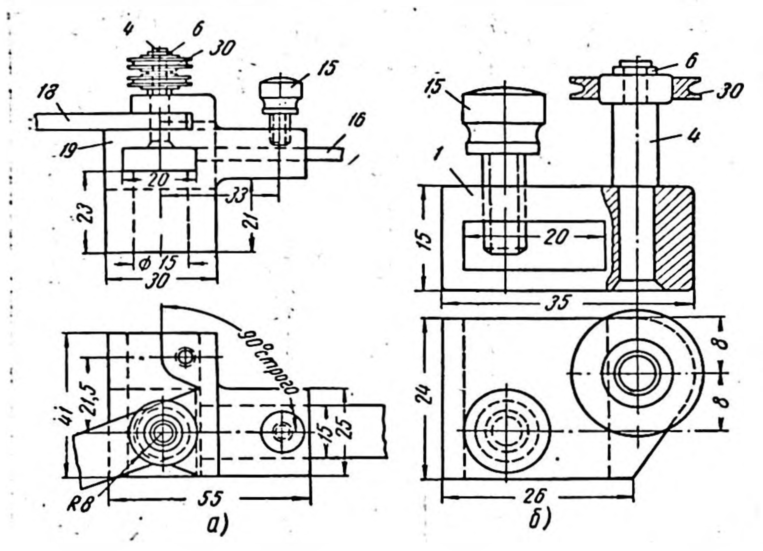
Фиг. 29. Детали перспектографа:

а — каретка обводного штифта, узлы *10* и *11*: *1* — верхняя соединительная планка; *2*, *6* — оси; *3* — шарикоподшипник *R* — 3 (9,5 × 3 × 4); *4* — нижняя соединительная планка; *5* — ролик; *7* — установочный винт; *8* — рукоятка; *9* — гайка чистая М5; *10* — опорный кронштейн; *15* — фиксирующий винт М5; *27*, *28* — обводный штифт; *б* — обойма пишущего штифта, узел *25*, карандашная вставка не показана: *1* — заклепка; *2* — соединительные планки; *3* — шарикоподшипник (9,5×3×4); *4* — ось; *5* — обод ролика; *6* — шайба; *7* — пружина; *26* — втулка.

Жесткая установка перспектографа на чертежной доске *1* осуществляется при помощи скоб *2* (фиг. 28, *б*), снабженных болтами с трапецоидальной головкой, входящей в пазы базы *14* и линеек *16* и *18*.

Обводка контуров исходных проекций производится обводными штифтами *27* и *28*, установленными на каретках *10* и *11* (фиг. 29, *а*).

Пишущий штифт *26* представляет собою карандашную вставку циркуля, установленную во втулке и для обеспечения непрерывности вычерчиваемой линии, подпружиненную плоской пружиной. Втулка ввинчивается в нижнюю соединительную планку каретки (фиг. 29, *б*).



Фиг. 30. Детали перспектографа:

а — переставной шарнир, узел *19*: *4* — ось; *6* — шайба; *15* — фиксирующий винт; *16* и *18* — линейки; *19* — корпус; *30* — блок; *б* — обойма блока: *1* — корпус; *4* — ось; *6* — шайба; *15* — фиксирующий винт; *30* — блок.

Линейка *18* шарнирно и линейка *16* под углом 90° монтируются на переставном шарнире *19* (фиг. 30, *а*). Ось шарнира одновременно служит осью блоков *30*. Натяжение тросика осуществляется при помощи переставных обойм (фиг. 30, *б*).

Линейки *3*, *12* и база *14* снабжены шкалами с ценой деления, равной 1 *мм*. Для придания жесткости лучевым ли-

нейкам *8* и *9*, ослабленным продольными прорезами, установлены скобы.

Перспектограф предназначен для механического вычерчивания перспективы по исходным прямоугольным одной, двум или трем проекциям, проекциям с числовыми отметками, числовым координатам точек и т. д.

Выполнение работы на перспектографе. Приведение прибора в рабочее положение начинается с установки чертежной доски *1* в горизонтальное положение, после чего на ней при помощи скоб *2* устанавливается база *14* и линейка *16* так, чтобы удобно расположились исходные проекции. Положение исходных проекций при помощи обводных штифтов *27* и *28* увязывается по вертикали и горизонтали с ориентировкой на базу *14*. Линейка *18* поворачивается на требуемый угол α или β (а в случае только основного комплекта деталей на угол 90°) и закрепляется скобой *2*. Нейтральная линейка *3* при помощи зажима *4* устанавливается так, чтобы обеспечить требуемый угол зрения. Шарнир *6* по шкале линейки *3* устанавливается на требуемую высоту точки зрения, а шарнир *7* так, чтобы главный луч, перпендикулярный к линейке *18*, не выходил из пределов средней трети картины. Пробной обводкой штифтами *27* и *28* внешних границ исходных проекций определяются места, в которых зажимами *31* прикрепляются к тросу *29* каретки *21* и *22*. Одновременно по крайним положениям пишущего штифта *26* определяется место прикрепления листа бумаги *К*.

Для вычерчивания основных элементов перспективного изображения, необходимых при выполнении различных метрических действий на перспективном чертеже, производятся следующие действия:

а) для вычерчивания линии горизонта hh_1 необходимо лучевую линейку *8* привести в горизонтальное положение, установив штифт *27* по шкале линейки *12* на отметку оси шарнира *6*, и передвинуть штифт *28* вдоль линейки *12*. В это время пишущий штифт *26* прочертит линию горизонта hh_1, соответствующую принятому положению точки зрения;

б) для вычерчивания главной линии *cP* необходимо лучевую линейку *9* установить перпендикулярно к линейке *18*, каретку *13* закрепить неподвижно винтом *15* и провести штифтом *27* вдоль линейки *12*. В это время пишущий штифт *26* прочертит главную линию;

в) расстояние от центра шарнира *7* до центра цапфы

каретки 22 при положении лучевой линейки 9, указанном в примере б, является главным расстоянием D;

г) точка P пересечения линии горизонта с главной линией является главной точкой картины.

Последовательность выполнения работы на приборе зависит от вида исходных данных и полностью аналогична последовательности работы на аксонографе, описанной в третьем разделе первой главы.

Примеры построения и вычерчивания перспективы

Вычерчивание перспективы геометрических фигур и тел.

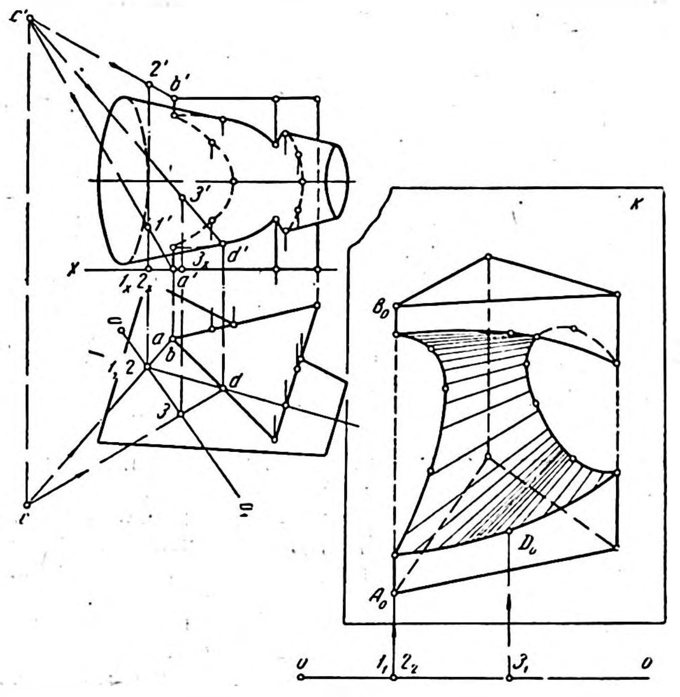
Плоская фигура. Для построения перспективы плоской фигуры $a, b, \ldots, d$, проводим горизонтальную прямую X и проектируем на нее вершины и характерные точки этой фигуры. Получим ряд точек: $a', b', \ldots, d'$ (фиг. 31). С учетом получения бо́льшей наглядности проводим прямую OO_1 и выбираем проекции c и c' точки зрения. На свободном месте или на отдельном листе бумаги K проводим горизонтальную прямую OO_1. На этом заканчиваются предварительные построения.



Фиг. 31. Перспектива плоской фигуры.

Для построения перспективы A_0 точки a выполняем следующие построения: проводим прямые $a'c'$ и ac; через точку 1 пересечения ac и OO_1 проводим вертикальную прямую $1-1'$, пересекающую ось X в точке 1_x. Приняв величину увеличения изображения $m = 2$, снимаем измерителем отрезок $O - 1$ и откладываем его два раза на прямой OO_1 от точки O. В полученной точке 1_1, восставляем перпендикуляр и откладываем на нем от точки 1_1 удвоенный отрезок $1_x - 1$ вертикали. Полученная точка A_0 и будет искомой перспективой. Перспектива B_0, $D_0 \ldots$ строится аналогично.

Для вычерчивания перспективы этой фигуры на перспектографе необходимо проделать следующее: прикалываем чертеж фигуры $a \ldots b \ldots d$ на место *H* (фиг. *27*) и поворачиваем линейку *18* до получения желаемого угла между осью фигуры и картинной плоскостью и закрепляем скобой *2*. По линейке *3* устанавливаем шарниры *6* и *7* так, чтобы обеспе-



Фиг. 32. Перспектива призмы с коническим вырезом.

чить требуемое положение точки зрения. По линейке *12* передвигаем каретку *10* так, чтобы штифт *27* занял положение, соответствующее положению плоскости фигуры по вертикали, и закрепляем фиксирующим винтом *15*. На этом заканчивается установка перспектографа. При обводке штифтом *28* контура фигуры $a, \ldots, b, \ldots, d$ пишущий штифт *26* механически вычертит перспективу $A_0 \ldots B_0 \ldots D_0$ этой фигуры.

Пересечение поверхностей призмы и конуса. На фиг. 32 изображены построения перспективы призмы с коническим

вырезом. В отличие от построений, описанных для предыдущего примера, вертикальная проекция c' точки зрения соединяется прямыми с уже имеющимися вертикальными проекциями a', b', вершин призмы и точек d', ... линии пересечения. Остальные построения выполнены аналогично.

Вычерчивание перспективы на перспектографе начинается с увязки вертикальной и горизонтальной исходных проекций по вертикали и горизонтали. Увязка производится при помощи обводных штифтов *27* и *28* так же, как и при работе на аксонографе. Порядок обводки линий проекций также соответствует описанному для аксонографа.

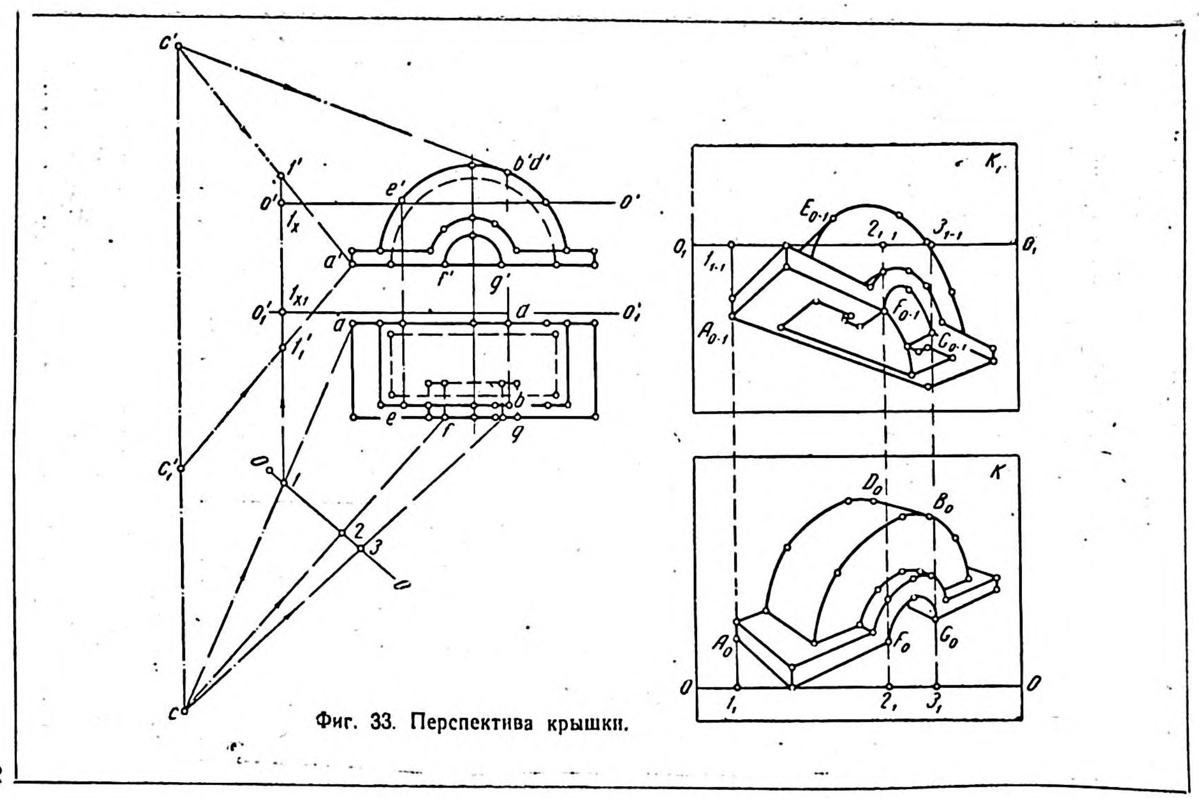
Вычерчивание перспективы деталей машин

Крышка. На фиг. 33 изображены построения перспективы крышки K при расположении точки зрения (c', c) выше и K_1 при расположении точки зрения (c_1', c) ниже детали. Изменение положения точки зрения по высоте достигнуто переносом по вертикали вертикальной проекции c' ее в положение c_1'. При этом последовательность построений не изменяется.

Для придания построениям компактности (сокращение длины прямых, параллельных элементу *III*) вертикальная проекция $O'O'$ ($O_1'O_1'$) основания картины перенесена параллельно оси X в отличие от предыдущих примеров, где $O'O'$ совпадает с осью X. Для K основание $O'O'$ перенесено вверх и для K_1 вниз ($O_1'O_1'$). Компактности построений можно достичь также и параллельной передвижкой OO ближе к контурам вида сверху.

При одновременном вычерчивании перспективы вида снизу и вида сверху для изображения одних и тех же точек необходимо использовать вертикальные прямые. При построении точек A_0 и A_{0-1} использована вертикаль $I_1 - I_{1-1}$, проведенная на расстоянии $0I_1$, равном удвоенному отрезку $0I$ ($m = 2$). Точка A_0 построена при откладывании от I_1 вверх двух отрезков $I_x - I'$; точка A_{0-1} — при откладывании от I_{1-1} вниз двух отрезков $I_{x1} - I'_1$. Сокращения построений можно достичь при замене построения точек пересечением вертикалей с уже построенной перспективой прямых (точки F_0; G_0 и F_{0-1}; G_{0-1}).

Вычерчивание перспективы цилиндрических поверхностей требует построения прямолинейной образующей B_0D_0, являющейся контуром видимости поверхности. Для построения проекций $b'd'$ и bd такой образующей достаточно из



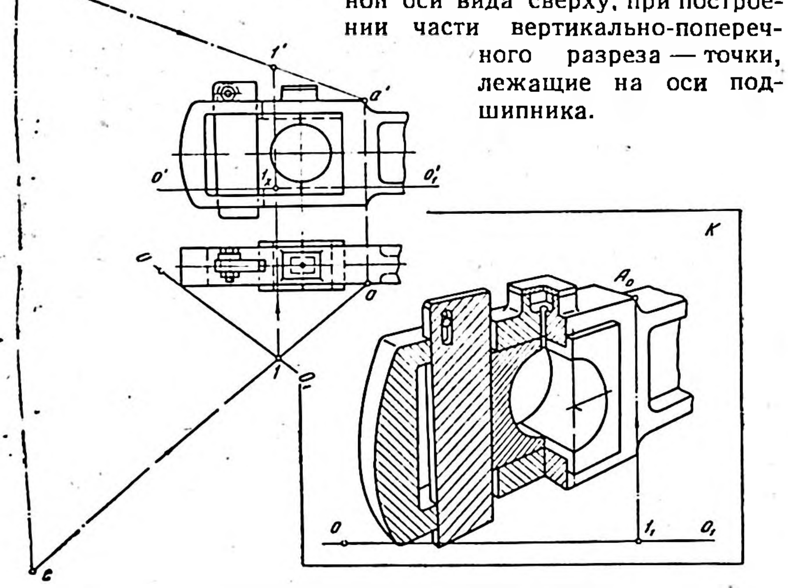
Фиг. 33. Перспектива крышки.

c' провести касательную к вертикальной проекции цилиндрической поверхности.

При вычерчивании перспективы вида снизу на перспектографе необходимо шарнир *6* установить на линейке *3* ниже основания главного вида детали.

Вычерчивание перспективы узлов машин

Головка шатуна. Перспектива головки шатуна (фиг. 34) построена по главному виду и виду сверху. Последовательность построений изображена для точки A_0. При построении на перспективном изображении части вертикально-продольного разреза использованы точки, лежащие на продольной оси вида сверху; при построении части вертикально-поперечного разреза — точки, лежащие на оси подшипника.



Фиг. 34. Перспектива головки шатуна.

При вычерчивании перспективы вертикально-продольного разреза на перспектографе необходимо обводный штифт *28* (фиг. 27) поставить на продольную ось вида сверху и закрепить фиксирующим винтом *15*, после чего обводным штифтом *27* обвести соответствующие контуры главного вида.

Заключение

Рассмотренный метод ортогонального эпюра позволяет при помощи ортогональных проекций строить перспективу на картинной плоскости, занимающей любое положение по отношению к изображаемому объекту. При построении угловой перспективы полностью устранена необходимость вычерчивания проекций объекта в повернутом положении по отношению к плоскостям проекций.

Построение перспективы по методу ортогонального эпюра выгодно отличается от других методов своей простотой и компактностью. Простота построений достигается минимальным количеством повторяющихся действий, относительной простотой метрических и графических действий в прямоугольных проекциях по сравнению с центральными и т. п. Компактность построений достигается отсутствием точек схода и применением вместо них двух ортогональных проекций точки зрения. Отмеченные обстоятельства приводят к уменьшению затраты рабочего времени на вычерчивание перспективы до двух раз по сравнению с обычно применяемыми графическими способами.

СОДЕРЖАНИЕ

Технический редактор *Н. А. Дугина.*
Корректор *С. С. Воронова.*

НС 02920. Сдано в производство 12/V 1953 г. Подписано к печати 15/VIII 1953 г. Зак. 3152. Бум. л. 1. Печ. л. 3,28. Уч-изд. л. 3,4. Тираж 7000. Индекс 5—3. Бумага 84×108¹/₃₂. Номинал по прейскуранту 1952 г.

г. Новосибирск. Тип. № 1 Полиграфиздата, Красный проспект, № 20.